Les systèmes de stries glaciaires dans les Appalaches du Québec

Guy Lortie
Ghismond Martineau

DV 85-10

1987

Québec

89-01161/

Les systèmes de stries glaciaires dans les Appalaches du Québec

Guy Lortie
Centre d'études nordiques, Université Laval

Ghismond Martineau
Service de la géologie,
ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec

DV 85–10

1987

DIRECTION GÉNÉRALE DE L'EXPLORATION GÉOLOGIQUE ET MINÉRALE
Sous-ministre adjoint: A.F. Laurin

DIRECTION DE LA RECHERCHE GÉOLOGIQUE
Directeur: J.-L. Caty

SERVICE DE LA GÉOLOGIE
Chef: J. Cimon

Manuscrit soumis le: 85-05-15
Accepté pour publication le: 86-03-24

Lecteur critique
L. Chauvin

Éditeur
B. Desjardins

Préparé par la Division de l'édition (Service de la géoinformation, DGEGM)

Dépôt légal — 2e trimestre 1987
Bibliothèque nationale du Québec
ISBN: 2-550-12693-9
© Gouvernement du Québec. 1987

Table des matières

Page

INTRODUCTION 1

Localisation et physiographie 1
Travaux antérieurs 1
Remerciements 5

MÉTHODES ET CRITÈRES UTILISÉS 7

Stries et sens d'écoulement glaciaire 7
Formes dissymétriques 7
Marques de tension 8
Stries 8
Nervures 10
Stries et chronologie relative 12
Recoupements de stries 12
Drag-lines 13
Cannelures striées 13
Troncatures 14
Surfaces striées protégées 14
Nervures striées ou recoupées 14
État de préservation des stries 14
Dominance statistique 15

SYSTÈMES DE STRIES 19

Groupe I 19
Systèmes SW et W 19
Groupe II 20
Système SE 20
Système SSE 20
Système S 20
Système SSW 20
Système E 20
Système NE 20
Groupe III 20
Système N 20
Système NW 23
Système NE-ENE 23
Système WSW 23

Page

DISCUSSION 27

Fréquence et distribution géographique des systèmes de stries 27
Origine des stries du groupe I 27
Origine des stries du groupe II 29
Origine des stries du groupe III 29
Système N 29
Système NE-ENE 30
Système WSW 30
Corrélation des systèmes de stries 30
Systèmes de stries et dépôts 31
Dépôts morainiques 31
Dépôts glacio-lacustres 31

CONCLUSIONS 33

Écoulements glaciaires majeurs 33
Écoulements glaciaires anciens 33
Écoulements glaciaires locaux 33
Écoulements et transports glaciaires 33

RÉFÉRENCES 35

ANNEXE

Tableau synoptique des principales informations relatives aux stries du Québec méridional .. 41

CARTE (1:500 000)

1997 — Carte des stries glaciaires des Appalaches du Québec ..... hors-texte

Introduction

Au cours des dernières années, les auteurs de cette étude ont accumulé de nombreuses données concernant les différents mouvements glaciaires dans les Appalaches (Lortie, 1975, 1976; Martineau, 1977, 1979, 1980). Le premier a étudié ce problème dans la Beauce et l'Estrie (Lortie, 1975, 1976[1]) et participé à plusieurs campagnes de cartographie dans le Bas-Saint-Laurent; le second a contribué à un essai de synthèse pour la partie nord de la Beauce et le Bas-Saint-Laurent (LaSalle *et al.* 1977b; Chauvin *et al.*, 1985) et dirigé la cartographie des dépôts meubles du Bas-Saint-Laurent (Martineau, *op. cit.*).

Au moment où l'exploration minière dans les Appalaches du Québec suscite un regain d'intérêt (*e.g.* Gauthier, 1985; Choinière, 1984, 1985; Maurice et Mercier, 1985), il nous a paru opportun de présenter une synthèse des divers écoulements glaciaires répertoriés. En précisant la direction du transport glaciaire, ce travail devrait faciliter l'interprétation de la dispersion des blocs minéralisés et celle de certaines anomalies géochimiques inventoriées dans cette région (MER, 1984b). La compilation présentée ici est une mise à jour de travaux déjà publiés à laquelle se greffent des relevés inédits ainsi que des données peu accessibles provenant de mémoires, thèses et rapports internes d'organismes provinciaux et fédéraux. Elle complète une compilation récente des cartes de dépôts meubles des Appalaches du Québec (MER, 1984a).

Localisation et physiographie

Le territoire étudié est compris entre les longitudes 67°00′ et 73°00′ et les latitudes 45°00′ et 49°00′ (figure 1). Bordé au nord par le fleuve Saint-Laurent, au sud par la frontière Canada — États-Unis et à l'est par le Nouveau-Brunswick, il englobe l'Estrie, la Beauce, le Bas-Saint-Laurent et la partie occidentale de la Gaspésie. Il se subdivise en deux provinces physiographiques (figure 2): les basses-terres du Saint-Laurent et les Appalaches (Sanford et Grant, 1979). Les premières, constituées par un soubassement de roches cambro-ordoviciennes subhorizontales, correspondent à une plaine, d'altitude inférieure à 70 m, qui se rétrécit progressivement vers Québec. De petits massifs circulaires de roches intrusives appartenant à la série des collines montérégiennes (Crétacé) en crèvent la surface. Quant aux Appalaches, elles reflètent nettement l'orientation structurale NE-SW des formations cambro-ordoviciennes et siluro-dévoniennes qui les composent (St-Julien et Hubert, 1975); elles se divisent en quatre régions physiographiques: les hautes-terres de l'Est du Québec, les monts Sutton, les collines Mégantic et les monts Notre-Dame (Bostock, 1964, 1969).

Les hautes-terres de l'Est du Québec forment une vaste surface dont l'altitude moyenne passe de 600 m au sud-est à environ 200 m au nord-ouest. Elles recouvrent principalement l'Estrie et la Beauce. La topographie y est douce, les vallées peu encaissées, les dépressions, souvent très grandes, bordées par des reliefs faibles à moyens. Les accidents topographiques les plus accusés résultent d'intrusions acides ou ultrabasiques. Dans le Bas-Saint-Laurent, les hautes-terres longent la rive sud de l'estuaire et se subdivisent en une zone littorale et un piedmont. Le littoral, qui peut atteindre 2 km de profondeur, est constitué d'une alternance de crêtes rocheuses et de dépressions tapissées par des dépôts marins, littoraux, alluvionnaires ou tourbeux. Le piedmont assure la transition vers les basses-terres par une zone de crêtes discontinues, structuralement conformes à l'ensemble appalachien; le relief faible de celles-ci, d'environ 30 m, est plus marqué près du fleuve, où il atteint 50 m.

Les monts Sutton, en Estrie, présentent une succession de dépressions importantes et de massifs de compositions lithologiques variées. Les reliefs y excèdent fréquemment 100 m.

Chaîne constituée de métagrès et de métavolcanites, les collines Mégantic longent la frontière internationale. On y retrouve les plus hautes altitudes de l'Estrie et de la Beauce avec les massifs granitiques des monts Mégantic (1106 m) et Gosford (1183 m).

Les monts Notre-Dame, dont les altitudes varient entre 300 et 1200 m, s'étendent sur plus de 650 km, depuis Thetford-Mines jusqu'à la pointe orientale de la Gaspésie. À l'extrémité ouest, l'altitude moyenne est d'environ 525 m, au-dessus de laquelle culminent quelques crêtes massives. Dans le Bas-Saint-Laurent, le paysage présente plutôt l'aspect d'un haut plateau, d'une altitude moyenne de 600 m, entaillé par des vallées. En Gaspésie, la chaîne culmine jusqu'à 1268 m avec les Chic-Chocs, dont le versant nord est responsable, en outre, des plus forts reliefs (quelque 500 m de dénivellation).

Travaux antérieurs

Les informations relatives aux stries du Québec méridional sont assez abondantes[2]. Cependant, la majorité des données antérieures à 1960 offrent un intérêt limité car peu d'auteurs disposaient d'un nombre de mesures statistiquement satisfaisant. Les relevés étaient, en outre, confinés le plus souvent à de petites superficies et les critères utili-

1. Les données de ce mémoire ont été recueillies au cours de l'été 1974 et des automnes 1974 et 1975 dans le cadre du projet 740094 de la Commission géologique du Canada. Elle sont présentées ici avec la permission de cet organisme.

2. On trouvera en annexe un tableau chronologique résumant la plupart des informations relatives à ce sujet.

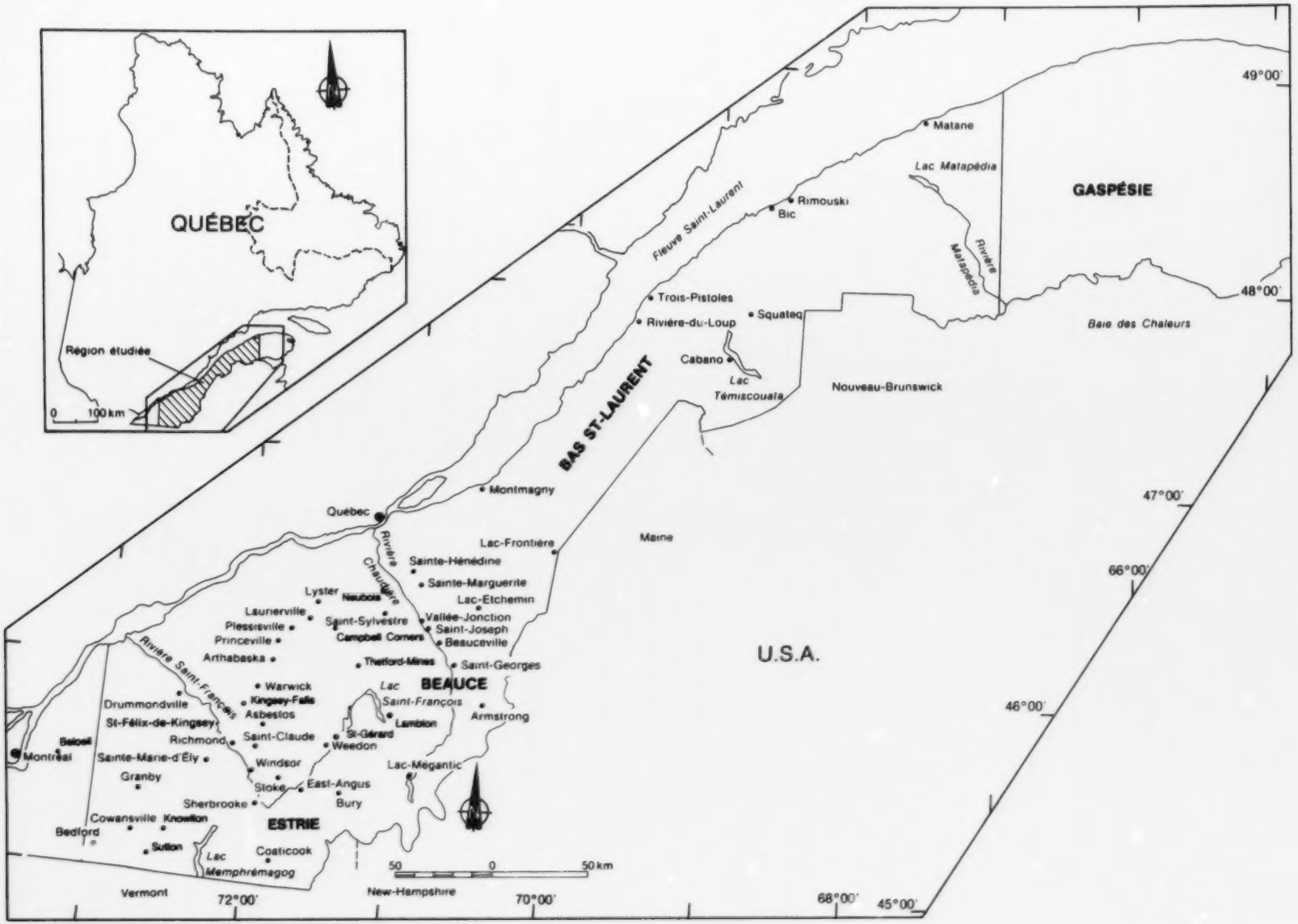


FIGURE 1 — Localisation de la région étudiée.

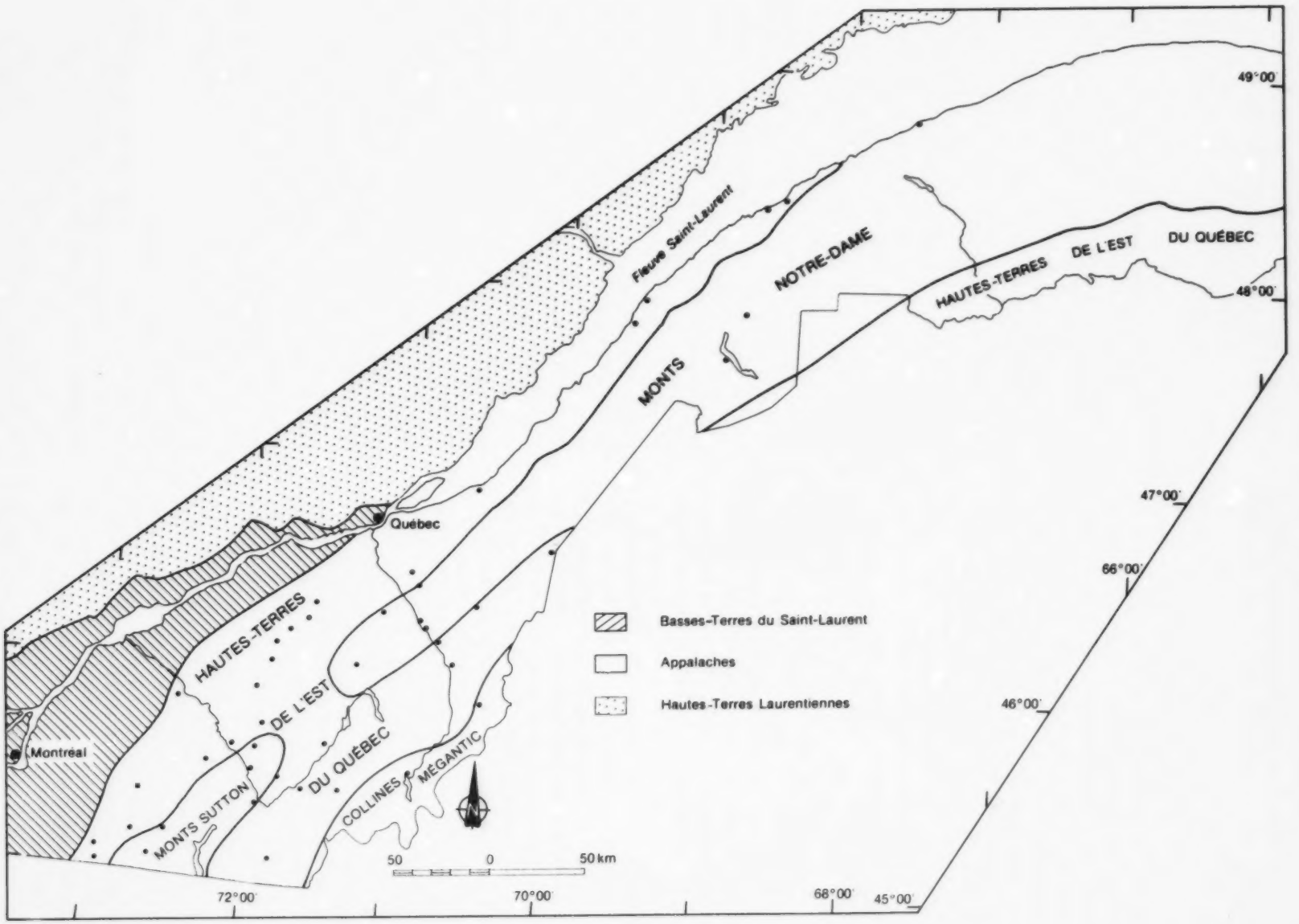


FIGURE 2 — Physiographie de la région étudiée.

sés, mal définis ou peu convaincants. De surcroît, on notera que plusieurs auteurs ont postulé des écoulements de glace locale vers le nord ou vers l'ouest en se basant sur les stries pour les directions et les blocs indicateurs pour le sens (*e.g.* Ells, 1887; Burton, 1933; Béland, 1954, 1957). Comme le Québec méridional a subi plusieurs glaciations (*cf.* Occhietti, 1982; LaSalle, 1984, 1985) cette façon de procéder est inadéquate.

Avant 1960, très peu d'auteurs avaient défini les sens d'écoulement de la glace à l'aide des surfaces striées. Parmi ces quelques auteurs, Chalmers (1882, 1887, 1895a, 1898) occupe une place historique centrale. En s'appuyant essentiellement sur les stries, les cannelures, les roches moutonnées, les *stoss-sides*, les recoupements de stries et leur apparente fraîcheur, Chalmers (1898) fut le premier à définir une séquence cohérente des écoulements glaciaires dans le sud du Québec. Son critère le plus courant était le *stoss-side*[3], une forme mésoscopique douce s'apparentant au dos-de-baleine ou au côté amont d'une roche dissymétrique. Apparemment, il croyait que toute surface striée, douce, arrondie, subconvexe résultait du façonnement d'un affleurement faisant obligatoirement face à l'écoulement de la glace. La séquence proposée comportait quatre phases:

- Formation d'un complexe appalachien de glaciers;
- Lobes et langues de glace laurentidienne s'écoulant vers le sud-est dans les vallées de l'Estrie et de la Beauce;
- Glacier laurentidien s'écoulant vers le sud-ouest dans les basses-terres;
- Petits glaciers locaux et forte activité glacio-marine.

Son *Appalachian system of glaciers* (Chalmers, 1890, 1898) comprenait plusieurs centres de dispersion; le plus important longeait la frontière Québec — Maine — New Hampshire et nourrissait des émissaires qui s'en écoulaient de part et d'autre.

Depuis, quelques-unes de ses conclusions ont été confirmées, la plus importante étant l'écoulement glaciaire vers le nord, reconnu récemment (Lamarche, 1971). Cependant, la plupart ont été rejetées, notamment l'existence de stries glaciaires NW au lac Mégantic (Shilts, 1970) et celle de stries WSW attribuées à des glaces flottantes dans l'estuaire (Martineau, 1977). La séquence des écoulements glaciaires et le concept de glaciers appalachiens n'ont, néanmoins, jamais cessé d'être repris, évoqués, discutés. Ainsi, des stries de sens nord apparaissent sur les cartes de compilation de Flint (1945), Anonyme (1957), Sabourin (1957) et Prest *et al.* (1968).

Pourtant, peu d'auteurs observèrent des stries de sens nord après Chalmers. Goldthwait (1911, 1913) décrivit à Rivière-du-Loup et au Bic des roches dissymétriques montrant un écoulement vers le nord. Aubert de la Rüe (1941) fit de même au lac Matapédia, ainsi que Lespérance et Greiner (1969, p. 5) à Squatec-Cabano. Mackay (1921), après un relevé soigné des stries de la région de Beauceville, distingua deux orientations dominantes (007° et 135°), la première étant la plus importante; il n'indiqua ni le sens ni la chronologie relative des stries, mais conclua à la possibilité de petits glaciers locaux avant ou après la glaciation laurentidienne. Par la suite, Clark (1937) signala, à Bedford, des nervures 10° — 20° antérieures à des broutures de sens sud. Des nervures de sens nord-est furent aussi relevés à Beloeil, au mont Saint-Hilaire, par Elson (comm. pers., 1962, *in* McDonald, 1967a et 1975, *in* Lortie, 1976) et LaSalle(1966). D'autres nervures de sens nord furent signalées, à l'époque, par Lee (1962) à Rivière-du-Loup et par Ollerenshaw (1961) au lac Matapédia.

Ce sont les travaux de Gadd (1964, 1966) à Beauceville et à Saint-Sylvestre, de McDonald (1966, 1967a, 1967b, 1969) à Sherbrooke et de Shilts (1970, 1981) à Lac-Mégantic qui ont définitivement écarté le concept de glacier appalachien développé par Chalmers. McDonald (1967a, 1969) et Shilts (1970) ont démontré, entre autres, l'absence de stries N ou NW près de la frontière et la forte dominance des stries SE. Ils signalèrent également des stries E-W plus anciennes, attribuées à une glaciation antérieure, et des stries tardi-glaciaires de sens sud, sud-ouest et est. Ces dernières, qui traduisent l'influence de la topographie sur la marge glaciaire amincie, appartiennent à des lobes canalisés par les vallées ou contournant des obstacles topographiques (*e.g.*, McDonald, 1969). Mais, à la suite des observations de Lamarche (1971), à Thetford-Mines, ils ont admis l'existence de stries tardi-glaciaires de sens nord[4] (Gadd *et al.*, 1972b; Gadd, 1978), les ont intégrées dans leur carte de compilation (Gadd *et al.*, 1972a) et en ont défini une première distribution géographique (Gadd *et al.*, 1972a, figure 3, page 10).

En s'appuyant sur quelque 225 nervures, des recoupements de stries ou de nervures et des dominances statistiques, Lamarche (1971, 1974) a conclu, pour la région de Thetford-Mines — Asbestos, à une séquence de quatre écoulements glaciaires: vers le sud-est, le nord, l'ouest et enfin, peut-être, vers le nord-ouest, ces deux derniers mouvements étant restreints au secteur d'Asbestos. Ces observations ont entraîné une remise en question des modèles de déglaciation et provoqué un intérêt accru pour l'étude détaillée des surfaces striées dans les Appalaches.

Dans l'Estrie et la Beauce, Lortie (1975, 1976) a confirmé la séquence établie par Lamarche et classé les systèmes de stries en trois groupes:

- SW et W, associés à la glaciation Chaudière (McDonald et Shilts, 1971);
- SE puis S et E, associés à la dernière glaciation laurentidienne, dite Lennoxville (*idem*);
- N et W, d'âge tardi-glaciaire.

Il a précisé la distribution géographique des systèmes de stries N et W, établi leur importance statistique régionale et signalé, entre Laurierville et Princeville, une forte

3. Voir ses descriptions (Chalmers, 1881, page 41; 1882, page 194; 1887, pages M6,8; 1895a, pages A83, 84, 85; 1898, page J26).

4. Les quelques stries de sens N indiquées sur la carte de Gadd (1964) à Beauceville proviennent d'erreurs d'édition (Gadd *et al.*, 1972a, p. 3).

déflexion vers l'est des stries de sens nord. Dans la région d'Asbestos, les stries de sens nord et ouest ont, par contre, été attribuées à un glacier local d'âge Chaudière (Parent et Dreimanis, 1981; Parent, 1982, 1984).

Plus à l'ouest, dans la région de Granby — Cowansville — Knowlton, plusieurs systèmes de stries ont été observés (Cloutier et Prichonnet, 1980; Doiron, 1981, Cloutier, 1982, Prichonnet, 1982, 1984; Prichonnet *et al.*, 1982):

- Un vieux système SW;
- Des systèmes SSE (dominant) et SE associés au dernier pléni-glaciaire;
- À la déglaciation, des systèmes SSW et E évoluant suivant la topographie.

Dans le secteur de Lac-Etchemin — Saint-Joseph, Gauthier (1975b) a fait succéder trois systèmes de stries: S, N et E, le dernier étant localisé dans le piedmont et les basses-terres, à l'embouchure de la Chaudière. La compilation de LaSalle *et al.* (1977a), pour la Beauce, a confirmé cette séquence: les stries de sens nord dominent dans le sud de la région, tandis que les stries de sens sud-est, nord-est et est occupent le piedmont et les basses-terres.

À l'est, dans la région de Rivière-du-Loup, Dionne (1972) et Martineau (1977, 1979) ont indiqué des stries de sens sud-est (peu fréquentes), puis des systèmes de stries N et ENE. Les stries N varient du nord-ouest au nord-est suivant, surtout, l'influence de la topographie. Les stries ENE, plus récentes, sont confinées dans la zone littorale de l'estuaire (Martineau et Corbeil, 1983). Dans le secteur voisin de Trois-Pistoles — Rimouski, Locat (1976, 1978) et Martineau (1980) ont signalé des systèmes de stries SE, N, NE-SW et E-W.

En Gaspésie occidentale, les travaux de Lebuis et David (1972, 1977) et Lebuis (1973a, b, 1975) permettent de mieux entrevoir divers écoulements glaciaires:

- Un écoulement vers le sud-est, associé à la calotte laurentidienne;
- Des écoulements vers le nord et le nord-ouest, le long du versant nord de la péninsule, qui correspondent à l'individualisation d'une calotte de glace au sud du fleuve;
- Des écoulements vers l'ouest et le nord-ouest, qui se sont manifestés dans la région du lac Matapédia;
- Le long de la baie des Chaleurs, un écoulement qui a progressé vers l'est et le sud-est;
- Dans les Chic-Chocs, plusieurs directions d'écoulement imprimées par divers glaciers locaux en fonction de la topographie.

Plus à l'est, en Gaspésie orientale, des travaux préliminaires indiquent des écoulements vers le nord et le sud-est (Chauvin, 1982b, 1983; Bail, 1983; LaSalle, 1983).

Enfin, du côté américain, dans le nord du Maine, Kite et Lowell (1982) et Lowell (1985) ont étudié plus de 800 affleurements striés. En se basant sur des nervures (environ 10 %) et surtout sur les formes dissymétriques, le sens des écoulements glaciaires a pu être déterminé dans 47 % des cas (381 sites). Les auteurs ont signalé trois grands systèmes de stries: un premier (135 / 315°), probablement vers le nord-ouest, attribué à une glace appalachienne du Wisconsinien moyen; un deuxième (95 — 120°), associé à la dernière calotte laurentidienne; et un dernier (310 — 355°), représentant une inversion de l'écoulement glaciaire à la déglaciation. Ce dernier système couvre le nord du Maine et sa limite sud représenterait une ligne de partage glaciaire.

Remerciements

Nous remercions pour leur excellente collaboration les personnes suivantes qui ont composé les équipes de cartographie du Ministère: P. Gilbert et D. Cliche (1975), D. Goulet (1976), L. Bisson et D. Chabot (1978), Y. Vallières, M. Dugas et D. Chabot (1978), A. Doiron, D. Lamoureux, M. Giasson et J. Bernard (1979), P. Corbeil et N. Chouinard (1980).

Nous remercions également ceux qui ont bien voulu nous communiquer leurs données: M. Cloutier, A. Doiron, G. Locat et G. Prichonnet, professeur au Département des Sciences de la Terre à l'UQAM.

Luc Chauvin, géologue au ministère de l'Énergie et des Ressources, a participé à deux saisons de cartographie et nous a fait part de nombreux commentaires qui ont amélioré le texte.

Le premier auteur remercie sincèrement L. DeSerres pour l'assistance efficace et patiente fournie dans le cadre du projet 740094 de la Commission géologique du Canada, ainsi que W.W. Shilts, qui a été à l'origine de ce projet et qui a fourni de nombreux commentaires. J. Veillette et N.R. Gadd, également de la CGC., et M.A. Bouchard, professeur au département de Géologie de l'Université de Montréal, ont bien voulu commenter une première version du manuscrit. R.Y. Lamarche, alors géologue au ministère de l'Énergie et des Ressources, et J.A. Elson, professeur au département de Géologie de l'Université McGill, nous ont fait partager leur expérience de terrain. Enfin, B. Desjardins, du Service de la géoinformation, a corrigé avec beaucoup de soin la version finale du texte.

Méthodes et critères utilisés

Les formes et marques associées aux divers mécanismes de l'érosion glaciaire sont d'ordre millimétrique (surface polie, striée) à décamétrique (forme dissymétrique). Elles indiquent les directions d'écoulement des glaces, parfois leurs sens et, assez rarement, la chronologie relative des différents mouvements. Leur apport dans la reconstitution des événements glaciaires ayant affecté une région est de toute première importance.

La plupart des relevés de stries ont été effectués sur des surfaces horizontales, subhorizontales ou présentant un relief peu accusé. Dans le cas, peu fréquent, de petites buttes ou bosses montrant des orientations variables de stries, épousant la forme de l'affleurement (par exemple, de 110° à 140° suivant le versant), une orientation moyenne générale fut retenue. Compte tenu de l'échelle de la carte de compilation (1 :500 000), de nombreuses mesures n'ont pu être mises en carte, notamment dans les régions de forte densité de stries (Estrie et Beauce). Nous avons, en ce cas, privilégié les données des autres auteurs afin de diversifier autant que possible les relevés. Les stries non cartographiées sont néanmoins exprimées sous forme de rosettes statistiques.

Un système de stries glaciaires se définit par la fréquence d'une orientation, une distribution géographique, un âge relatif et une importance statistique par rapport aux autres systèmes de stries. Toutefois, les deux premiers aspects sont tributaires, en partie, de la densité des sites mesurés. À ce propos, il convient de noter que le nombre de surfaces striées visitées varie de plus de 100 à moins de 30 par feuillet topographique SNRC (1 :50 000). Cette densité variable dépend principalement du réseau routier ; celui de l'Estrie et de la Beauce, très élaboré, permet l'observation de nombreux affleurements, alors que celui du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie est limité en raison d'une population clairsemée et d'un couvert forestier dense.

D'autre part, les types de marques d'érosion glaciaire développées sur un affleurement sont liés le plus souvent à la composition lithologique de ce dernier. Par conséquent, les critères utilisés pour distinguer le sens des écoulements glaciaires ont varié avec les régions, les broutures concaves étant, par exemple, plus fréquentes sur les quartzites du Bas-Saint-Laurent que les nervures, abondantes sur les schistes verts de l'Estrie. La même remarque s'applique aux critères indiquant la chronologie relative des écoulements glaciaires.

Stries et sens d'écoulement glaciaire

Le terme *stries* englobe ici l'ensemble des formes et marques d'érosion glaciaire d'ordre micro- à mésoscopique. À l'exception de quelques micro-marques d'érosion, tels certains types de stries, elles ont été adéquatement décrites, et plusieurs ouvrages généraux, entre autres ceux de Charlesworth (1957), Flint (1957, 1971) ou d'Embleton et King (1975), en offrent une bonne synthèse et revue bibliographique. Nous décrirons ici certaines formes et marques d'ordre millimétrique, de même que celles qui indiquent avec certitude le sens des écoulements, notamment les formes dissymétriques, les marques de tension, certains types de stries et les nervures (tableau 1). L'ensemble de ces formes et marques reflètent assez bien les formes d'érosion glaciaire mineures, telles qu'elles se présentent le plus souvent au Québec méridional.

TABLEAU 1 — Critères utilisés dans la détermination du sens d'écoulement des glaces

Formes d'érosion et sens d'écoulement glaciaire	Fréquence régionale
Formes dissymétriques *(stoss-and-lee forms)*	Occasionnelles
Broutures convexes *(lunate fractures)*	Rares
Broutures concaves *(crescentic gouges)*	Occasionnelles
Fractures de broutage *(crescentic fractures)*	Occasionnelles
Stries *en tête-de-clou (nail-head striae)*	Occasionnelles
Stries curvilignes *(curved striae)*	Très rares (non retenues)
Stries élargissantes	Occasionnelles (non retenues)
Stries *en dents-de-scie (saw-toothed striae)*	Très rares (non retenues)
Nervures *(rat-tail, crag-and-tail striation)*	Fréquentes

FORMES DISSYMÉTRIQUES

Sous le terme de *formes dissymétriques*, nous regroupons les morphologies qui présentent une surface amont striée, polie, plus ou moins convexe, tandis que la face aval peut être intacte, striée ou débitée. L'axe longitudinal, subparallèle à l'écoulement glaciaire, est plus ou moins long et développé suivant la disposition structurale des roches érodées, de sorte que le rapport longueur/largeur varie beaucoup. Les formes caractérisées par une face aval d'arrachement sont qualifiées de *stoss-and-lee forms* (Flint, 1971, p. 97-99) ou roches dissymétriques (Laverdière et Dionne, 1969). De petites formes dissymétriques présentant une face aval striée, sans débitage marqué, sont assez fréquentes au Québec méridional. Elles correspondent sans doute aux *stoss-sides* utilisés par Chalmers (1898). Compte tenu des directions d'écoulement glaciaires de sens parfois contraires (SE et NW, par exemple), nous n'avons retenu que les formes dissymétriques comportant une face d'arrachement nette. De telles formes se rencontrent occasionnellement dans le Bas-Saint-Laurent et dans la partie occidentale de

l'Estrie. La disposition structurale NE-SW des formations rocheuses, plus ou moins transverses aux principaux écoulements glaciaires, produit parfois des formes dissymétriques atypiques dont l'axe longitudinal est peu marqué (figure 3). Kite et Lowell (1982) rapportent que, dans le nord du Maine, les formes dissymétriques représentent environ le tiers des 800 surfaces striées étudiées et constituent le critère de polarité le plus fréquent.

MARQUES DE TENSION

Flint (1971) les divise en broutures concaves (*crescentic gouges*), broutures convexes (*lunate fractures*), fractures de broutage (*crescentic fractures*) et cannelures à broutures (*chattermarks*). La terminologie française adoptée ici est celle de Laverdière *et al.* (1968a, 1968b). Nous y renvoyons le lecteur pour une description détaillée. Les broutures concaves (figure 4) et les fractures de broutage (figure 5) sont fréquentes sur les quartzites compétents du Bas-Saint-Laurent. Excellents indicateurs du sens d'écoulement glaciaire, elles se conservent bien.

STRIES

Les stries résultent du frottement d'un outil glaciaire (grain minéral, gravillon, arête d'un caillou, etc.) sur le substratum rocheux. Suivant l'angle de l'outil, la morphologie de l'affleurement et la vitesse d'écoulement, la température basale, la pression appliquée sur la roche est plus ou moins forte, homogène, graduelle, linéaire. À l'abrasion peuvent se joindre des processus de fracturation et d'éclatement. Compte tenu de leur genèse et leur morphologie, nous les avons divisées en trois catégories : stries simples, de profondeur et de largeur uniformes ; stries asymétriques, caractérisées par un approfondissement et/ou un élargissement notable à l'une de leurs extrémités ; et stries *en dents de scies*, définies par des éclatements latéraux.

FIGURE 3 — Forme dissymétrique atypique développée transversalement à un banc d'orthoquartzite : la face aval correspond plus à l'orientation lithologique qu'au débitage et il n'y a pas d'axe longitudinal longiligne subparallèle à l'écoulement. Écoulement vers le 340°. Saint-Paul-de-la-Croix, comté de Rivière-du-Loup.

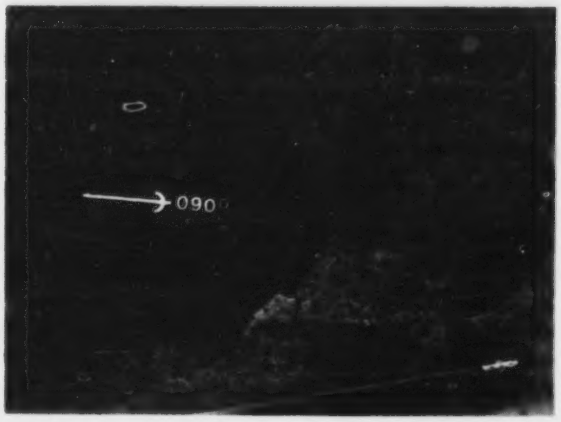


FIGURE 4 — Brouture concave sur orthoquartzite. Écoulement vers l'est. Lac Trois Saumons, comté de l'Islet.

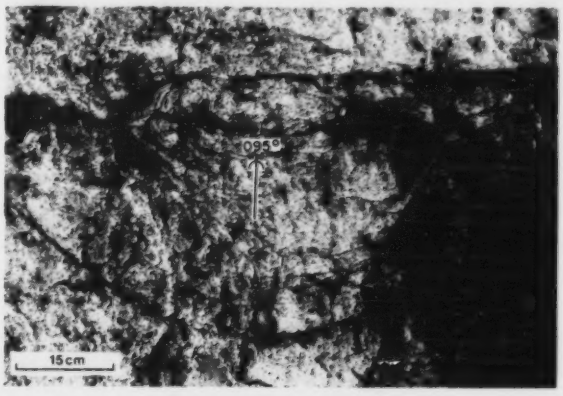


FIGURE 5 — Fractures de broutage sur orthoquartzite. Écoulement vers le 095°. Saint-Cyrille-de-Lessard, comté de l'Islet.

Les stries simples sont rectilignes et quelquefois curvilignes. Les stries rectilignes, extrêmement fréquentes, ne donnent aucune information sur le sens d'écoulement des glaces. Les stries curvilignes (figure 6) traduisent la résistance à l'entraînement de l'outil glaciaire lorsqu'il érode le substratum sous un angle défavorable. Le déplacement de l'outil le long du flanc d'un affleurement est généralement continu ; les stries *en échelon* (Edelman, 1949) ou en *zigzag* (Chamberlin, 1888, p. 229), qui doivent leur origine au roulement ou au déplacement saccadé de l'outil sur un plan incliné, n'ont pas été observées dans le territoire étudié. La relation d'une longue strie curviligne avec la morphologie de l'affleurement peut suggérer le sens de l'écoulement glaciaire, mais ce critère n'a pas été retenu.

Les stries asymétriques[1] comprennent la strie *en tête-de-clou* (*nail-head striae*), la strie élargissante et la strie *en canot*. La strie en *tête-de-clou* se définit par un élargissement et un approfondissement marqués vers l'aval (figures 7 et 8) ; le dessin net et incisif de son extrémité aval marque le relâchement subit de l'outil. La strie élargissante

1. Le terme, repris par Lebuis et David (1972, p. 8), est de Flint (1957, p. 58).

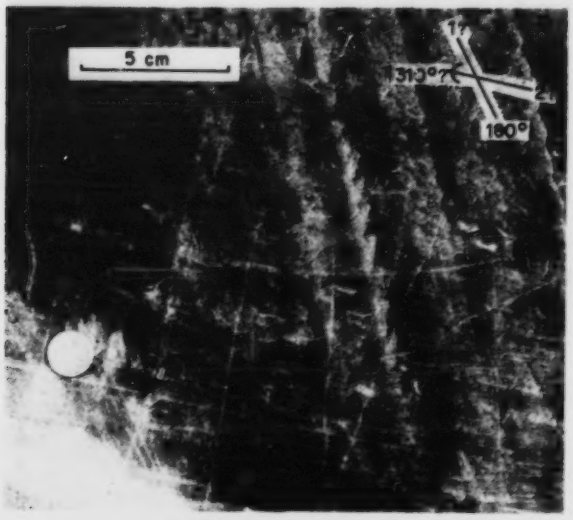


FIGURE 6 — Strie élargissante curviligne qui suggère un écoulement vers le 310°, probablement postérieur aux stries 180° car, quoique large et superficielle, elle est intacte. Cabano, comté de Cabano.

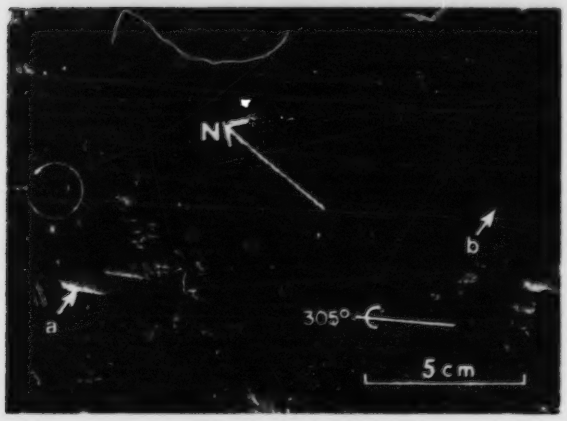


FIGURE 7 — Stries *en tête-de-clou* de sens 305° sur ardoise. Noter la forme triangulaire, l'extrémité aval linéaire et les petits éclatements latéraux reliés à la schistosité (a). En b, la *tête-de-clou*, moins typique, est plus linéaire et présente un approfondissement et un élargissement moindres. Notre-Dame-du-Lac, comté de Témiscouata.

présente un approfondissement plus superficiel (figure 9) et un élargissement souvent graduel, continu, sans terminaison abrupte (figure 10). Le dessin de ces deux types de stries est variable et il est parfois difficile de les distinguer : l'approfondissement aval net de la *tête-de-clou* est le critère distinctif à retenir. Dans les deux cas, l'élargissement et l'approfondissement se font généralement vers l'aval, bien que Lewis (1885) ait très tôt remarqué que :

« (. . .) *in upward slopes or in flat surfaces the striae as a rule are blunt at the end towards which the motion was directed, but that in downward slope, the reverse is generally the case.* »

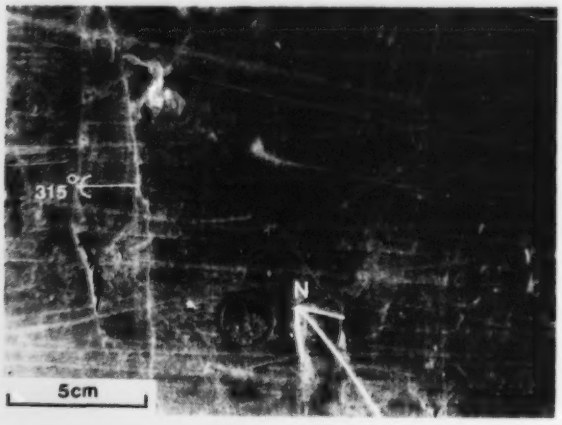


FIGURE 8 — Stries en *tête-de-clou* de sens 315°. L'élargissement n'apparaît qu'à l'extrémité aval et l'approfondissement léger suggère que l'outil glaciaire a sans doute été broyé contre l'affleurement. Saint-Eusèbe, comté de Témiscouata.

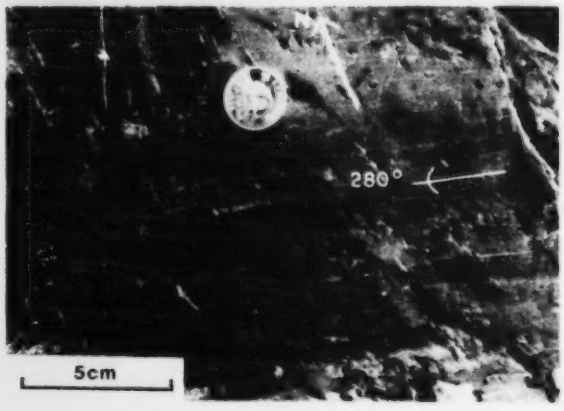


FIGURE 9 — Strie élargissante sur slate de sens probable 280°. Sa forme caractéristique devrait l'assimiler à une *tête-de-clou* dont elle se distingue cependant par un approfondissement très superficiel. Notre-Dame-du-Lac, comté de Témiscouata.

Cette observation a été confirmée par Chamberlin (1888, p. 224, 228), Charlesworth (1957, p. 58) et Flint (1957, p. 58). Nous avons également relevé en de rares occasions des petites stries asymétriques peu profondes de sens contraires sur le même affleurement. Néanmoins, toutes les stries en *tête-de-clou* nettes relevées sur des affleurements portant des nervures ou encore sur des formes dissymétriques indiquaient le même sens d'écoulement que celles-ci. Les stries *en tête-de-clou* ont donc été jugées valables et utilisées surtout dans le Bas-Saint-Laurent.

Signalées dans la Beauce, les stries *en canot* (*canoë striae* de MacKay, 1921, p. 52) sont « (. . .) *pointed at both ends and are gradually widening to as much as 1,5 inch at the center* ». Nous n'en avons jamais observé.

Les stries *en dents-de-scie* (*saw-toothed striae* ou *jagged striae*) se distinguent par une série de petits éclatements disposés sur un ou les deux côtés d'une strie, les « dents » pointant vers l'aval suivant un angle plus ou moins ouvert.

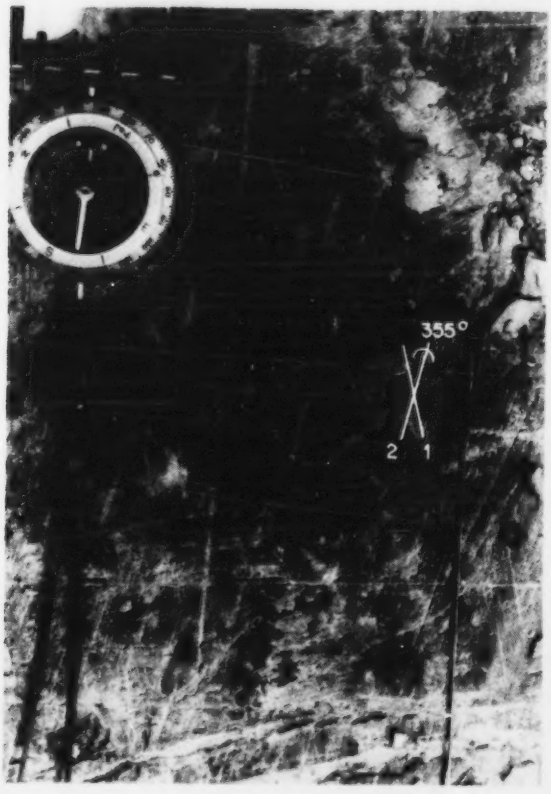


FIGURE 10 — Strie élargissante rectiligne (a) sur ardoise. L'élargissement est graduel et l'approfondissement peu marqué : le sens de l'écoulement est probablement vers le nord. Noter que l'orientation de cette longue strie diverge du faisceau auquel elle est associée. En b, des stries SE-NW apparaissent discrètement et paraissent antérieures aux stries N-S. La strie élargissante dont l'extrémité amont est intacte suggère également un âge plus récent. Les stries courtes, curvilignes et désordonnées en c, sont des marques de machinerie. Beauceville, Beauce.

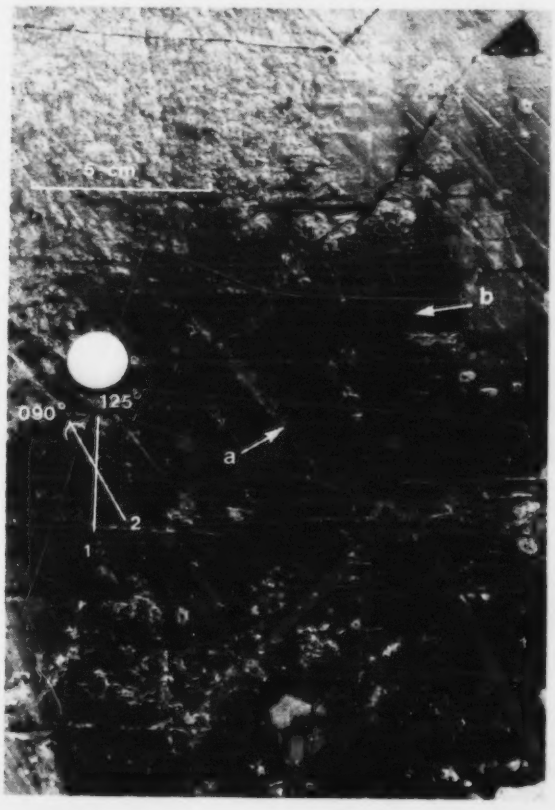


FIGURE 11 — Strie en *dents-de-scie* et cannelures orientées respectivement 090° et 125°. L'approfondissement de la strie *en dents-de-scie*, de même que les dents (a), développées sur un seul côté et orientées indépendamment de la schistosité, indiquent un écoulement vers l'est. La cannelure est à peu près intacte dans son centre, mais de fines stries sont visibles sur l'un de ses côtés : ces *drag-lines* (b) montrent que la cannelure est antérieure aux stries 090° et confirment le sens de l'écoulement vers l'est. Lambton, comté de Frontenac.

Ce type de stries a été observé assez rarement sur les roches détritiques fines de l'Estrie et du Bas-Saint-Laurent (figure 11). L'orientation des « dents » semble très sensible à la schistosité. Très peu de ces stries sont suffisamment bien développées pour indiquer avec certitude le sens de l'écoulement glaciaire ; aussi, aucune n'a été retenue dans la compilation.

LES NERVURES[2]

Les nervures (figures 12 à 20) se présentent sous la forme d'une traînée sculptée à l'aval d'une protubérance minérale ou rocheuse plus résistante. La présence occasionnelle d'un sillon frontal et/ou latéral (figures 12 et 13) dépend apparemment de l'interaction entre les dimensions de l'inclusion ou du minéral, la résistance de la matrice rocheuse, l'intensité de l'érosion glaciaire et la plasticité de la glace

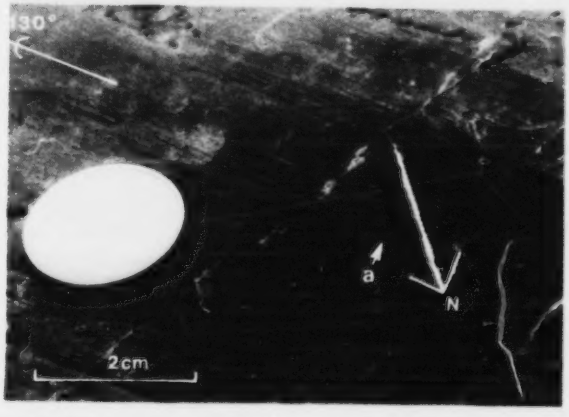


FIGURE 12 — Nervures de sens 130° sur calcaire. Noter la nette dépression frontale (a). Lyster, comté de Mégantic.

basale. Les dimensions de cette forme d'abrasion glaciaire différentielle sont diverses : de minuscules minéraux développent des *traînées* longues et effilées (figures 14 et 15), tandis que des nodules ou inclusions de quartz engendrent

2. Les équivalents anglais sont nombreux : *knob of hornstone*, *knob and trail*, *crag-and-tail*, *micro crag-and-tail*, *miniature crag-and-tail*, *crag-and-tail striation*, *miniature rock-drumlin*, *shadow* et *rat-tail*. Ce dernier terme, suggéré par Flint (1971, p. 91) a été traduit par *queue-de-rat* (Lortie, 1976. p. 50) et repris par plusieurs auteurs. Laverdière et Guimont (1975a, b 1980) ont suggéré le terme *nervure*, retenu ici.

FIGURE 13 — Micro-nervures de sens 005° sur ardoise. Noter les dépressions frontale et latérale (sillon). Disraeli, comté de Mégantic.

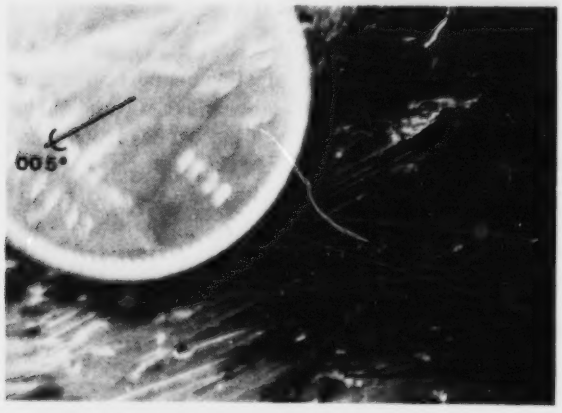


FIGURE 14 — Micro-nervures de sens 005° sur ardoise. Noter que le rapport longueur / largeur est d'environ 10. Ces nervures comptent parmi les plus petites que nous ayons observées. Disraeli, comté de Mégantic.

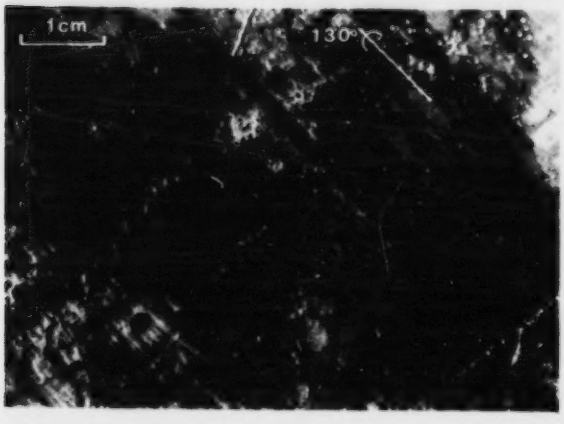


FIGURE 15 — Micro-nervures de sens 130° sur schiste. Saint-Romain, comté de Frontenac.

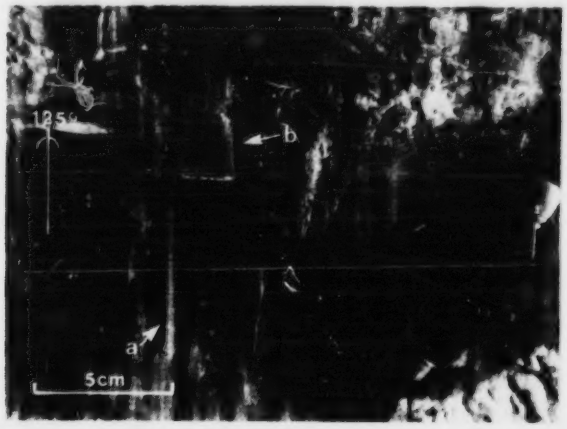


FIGURE 16 — Nervures de sens 125° sur schiste à quartz. Noter les formes très différentes en a et b, l'une effilée, l'autre large, basse et trapue. Lambton, comté de Frontenac.

FIGURE 17 — Nervures basses, plates et larges, de sens 282°. West-Shefford, comté de Shefford.

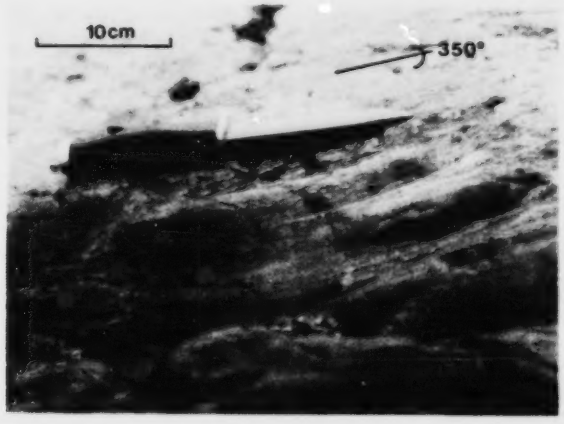


FIGURE 18 — Nervure de sens 350° sur le conglomérat de Beauceville, à partir d'une inclusion gréseuse. Noter son fort diamètre et son allure curviligne. Saint-Adalbert, comté de Mégantic.

des formes basses et trapues (figures 16, 17 et 18) ou de courts triangles (figure 19). Le plus souvent simples traînées de 1 ou 2 cm, exemptes de sillons, elles abondent dans l'interfluve des rivières Chaudière et Saint-François, là où les schistes verts de Sutton-Bennet, surtout, en favorisent

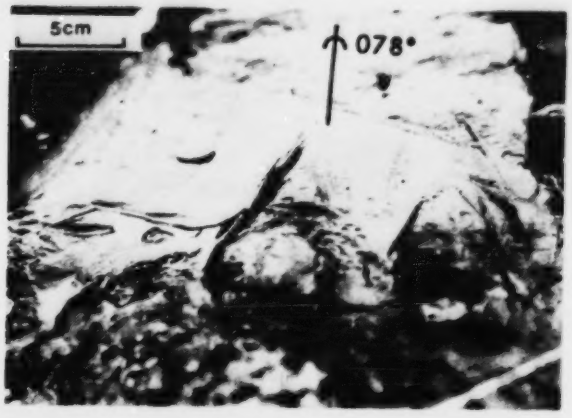


FIGURE 19 — Nervure de sens 078°. Développée en aval d'un nodule de quartz (avant-plan), cette nervure possède une forme triangulaire, trapue, avec un rapport longueur / largeur voisin de 1. Milan, comté de Mégantic.

le développement. Ce critère, très sûr, a été systématiquement recherché et, de loin, le plus souvent utilisé. Dans l'Estrie et la Beauce, ce fut le seul retenu.

Les nervures d'origine tectonique sont exceptionnelles. McDonald et Shilts en ont relevé un exemple aux environs de Sherbrooke (Shilts, comm. pers., 1975; voir figure 20). Un seul autre cas a été noté, à Rimouski, le long d'un miroir de faille parsemé de telles formes.

Stries et chronologie relative

Sur l'ensemble du territoire étudié, des approches assez variées ont permis d'établir une chronologie relative des systèmes de stries. Parmi les 12 critères utilisés sur le terrain (tableau 2), les plus fréquents ont été les cannelures striées, les recoupements de stries et les surfaces striées protégées.

TABLEAU 2 — Critères utilisés dans la détermination de la chronologie relative des systèmes de stries

Formes d'érosion glaciaire et chronologie relative	Fréquence régionale
Trains de brouture se recoupant	Exceptionnels
Stries élargissantes intactes	Rares
Stries recoupées	Fréquentes
Faisceaux de stries se recoupant	Occasionnels
Drag-lines	Très rares
Cannelures striées	Occasionnelles
Troncatures	Très rares
Surfaces striées protégées	Rares
Nervures striées	Très rares
Nervures recoupées	Très rares
État de préservation des stries	Occasionnel (non retenu)
Dominance statistique	Voir texte

RECOUPEMENTS DE STRIES

L'efficacité de l'abrasion glaciaire varie avec le temps, la vitesse d'écoulement et la pression basale, la plasticité et la charge du till de fond, la lithologie et la morphologie de l'affleurement, ainsi qu'avec le placage des dépôts antérieurs. Il en résulte des recoupements et entrecroisements de stries généralement peu nets. Les recoupements de cannelures, de trains de broutures ou de fractures de broutage sont exceptionnels (figure 21).

Dans l'Estrie et dans la Beauce, un nombre assez élevé d'affleurements portent deux systèmes de stries. Le plus souvent, les stries se croisent sans vraiment se recouper, et aucune chronologie relative n'est évidente (figure 22). Parfois, quelques stries sont nettement recoupées (figures 23 et 24). Plus rarement, on observe des stries élargissantes intactes: le fait que leur extrémité aval très superficielle et relativement large ne soit pas recoupée (figures 6, 10 et 22) suggère un âge plus récent, bien qu'il soit possible qu'elles aient été conservées par un placage de till et soient,

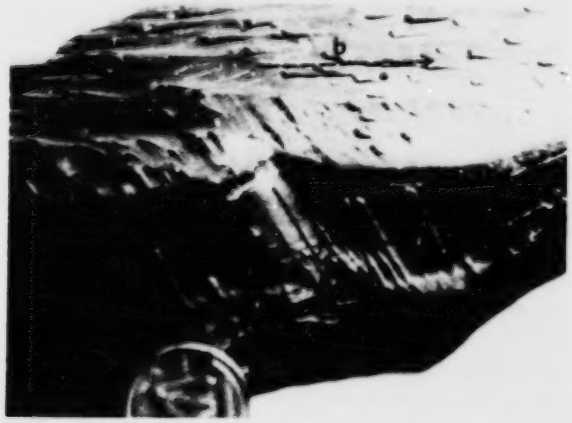


FIGURE 20 — Nervures glaciaires (a) et tectoniques (b) sur ardoise avec cubes de pyrite. Les nervures tectoniques sont légèrement plus anguleuses, mais il y a peu de différences entre les deux. Échantillon en provenance de Sherbrooke, transmis par W.W. Shilts (Commission géologique du Canada).

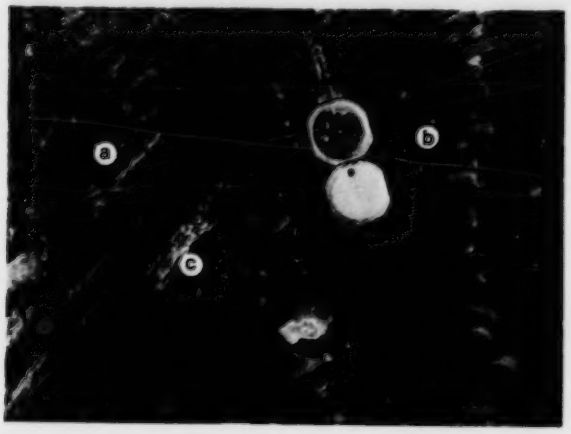


FIGURE 21 — Trains de broutures concaves de sens 160° et de fractures conchoïdales. Les broutures 160° sont striées en a et des stries SE sont recoupées en b par le deuxième train de fractures. Les marques en c sont des traces de machinerie. Écoulement vers le sud-est puis le nord. Saint-Léon-le-Grand, comté de Matapédia.

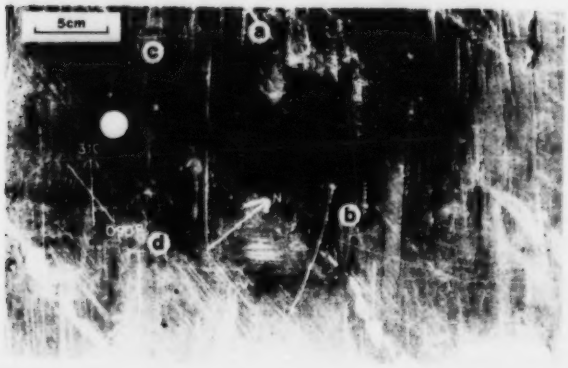


FIGURE 22 — Deux systèmes de stries d'orientation 310° et 090°, sont en présence sur cette surface d'ardoise. L'un (310°) comprend des stries élargissantes rectilignes (a), une strie en *tête-de-clou* curviligne (b) et des stries simples qui sont plus fréquentes que les stries de l'autre système qu'elles semblent recouper en c mais non en d. Par ailleurs, les stries élargissantes 310° sont peu profondes et intactes, de sorte qu'elles sont probablement postérieures aux stries 090°. Les marques en c sont anthropiques. Écoulement probable vers le 310°, postérieur à celui de direction 90/270°. Sainte-Rose-du-Dégelis, comté de Témiscouata.

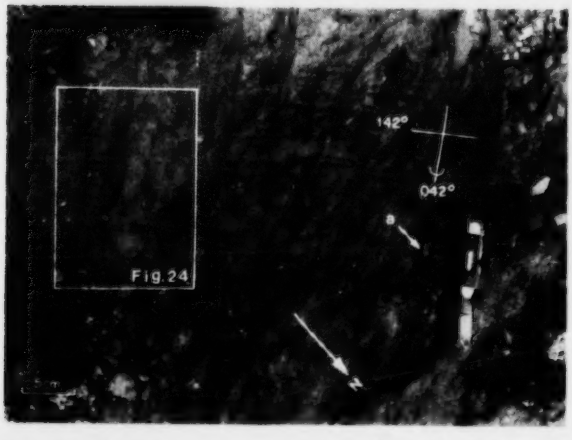


FIGURE 23 — Surface striée comportant deux systèmes de stries. Le premier est représenté par des stries fines et des nervures intactes de sens 042° (a) qui recoupent des stries orientées 142/322° (voir figure 24). Écoulement de direction 142/322° (vraisemblablement vers le sud-est) suivi par un écoulement de sens 042°. Au sud-ouest de Saint-Sylvestre, comté de Lotbinière.

FIGURE 24 — Vue rapprochée d'une partie de la figure 23. En a et b, les stries orientées 142° sont nettement recoupées par celles de sens 042°.

FIGURE 25 — Sur cet affleurement, un faisceau de stries 260° (nervures en a) recoupent des stries 035° (nervures en b). Noter la légère dissymétrie de la veine de quartz en c. Disraeli, comté de Mégantic.

en fait, plus anciennes. Enfin, des stries peuvent être recoupées par un faisceau ou groupe de stries plus jeunes (figure 25): un recoupement net, linéaire et parallèle à la direction des stries écarte la possibilité d'une surface striée ancienne protégée par un placage de till. Assez fréquents, les recoupements de stries doivent être observés avec beaucoup de soin et interprétés avec précaution.

DRAG-LINES

Les *drag-lines* (Chamberlin, 1888, p. 201 et 246) sont des stries dont l'extrémité amont démarre à partir d'une cannelure plus ancienne orientée transversalement, grugeant ainsi légèrement l'un de ses côtés (figure 11). Cette forme de remaniement mineur indique, de surcroît, le sens de l'écoulement glaciaire. Nous en avons relevé quelques exemples dans le nord de l'Estrie.

CANNELURES STRIÉES

Le fond d'une cannelure striée par un autre système de stries (figures 26 et 27) constitue un excellent critère de chronologie relative. Relevées surtout dans l'Estrie, ces can-

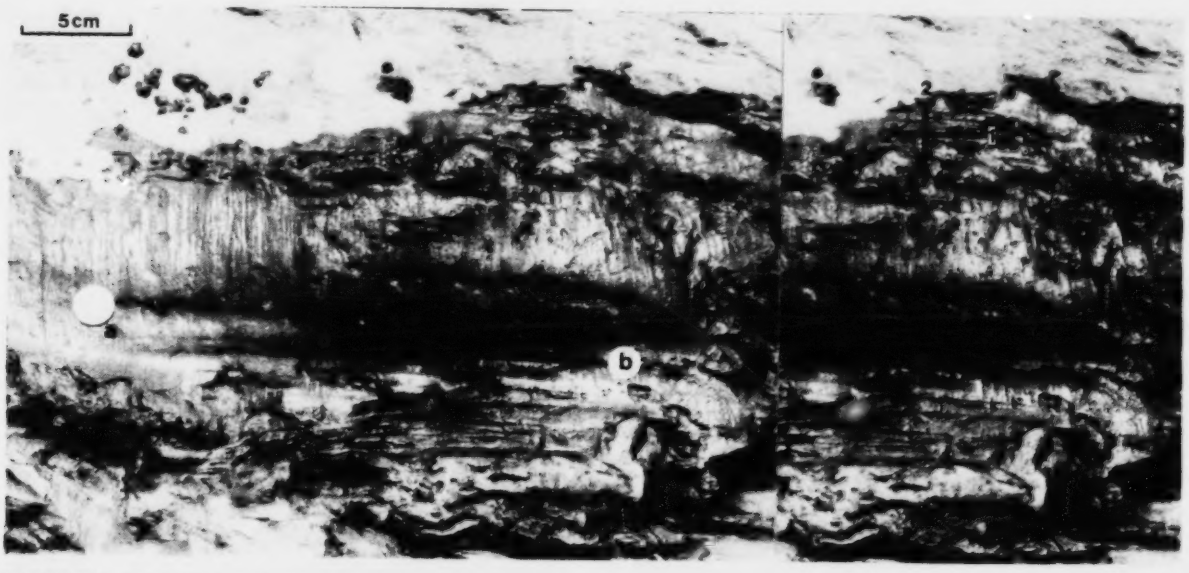


FIGURE 26 — Deux systèmes de stries représentés par des nervures de sens ouest et une cannelure 0-180° à laquelle sont associées des nervures N non visibles sur le cliché. La cannelure, assez profonde, paraît avoir été presque entièrement protégée, mais on peut distinguer de fines stries 0° à son extrémité (a) et quelques micro-nervures W en b: le système N est probablement antérieur au système W. Noter les surfaces tantôt polies et planes, tantôt rugueuses: c'est une alternance caractéristique des schistes à quartz. Écoulement vers le nord suivi probablement par celui vers l'ouest. Saint-Rémi-de-Tingwick, comté d'Arthabaska.

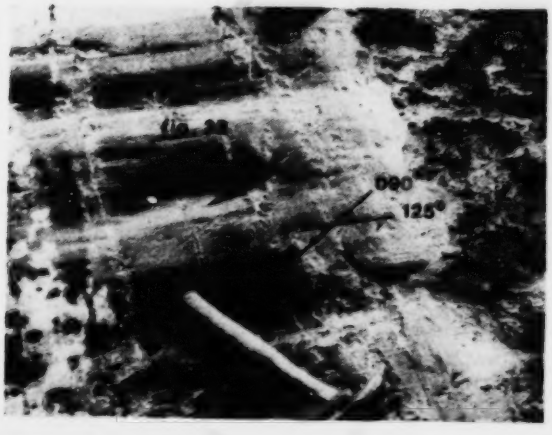


FIGURE 27 — Cannelures 125/305° nettement striées par des stries 090/270° (voir aussi figure 28). Lambton, comté de Mégantic.

nelures présentent souvent un aspect résiduel assez net: plutôt larges, bien aplanies et peu profondes, elles portent peu de stries associées au système dont elles font partie. Elles appartiennent généralement, en ce cas, aux plus anciens systèmes de stries de la région.

TRONCATURES

La troncature désigne le recoupement d'une surface striée convexe par un deuxième plan d'érosion glaciaire, plus récent. Cette forme, relativement fréquente sur les roches dures du Bouclier canadien (Laverdière et Bernard, 1969) n'a été observée que très rarement dans le territoire étudié (Cloutier, 1982).

SURFACES STRIÉES PROTÉGÉES

Des petites surfaces striées sont quelquefois conservées dans des anfractuosités (figures 28, 29 et 30) ou encore sur les flancs des affleurements (figures 31, 32 et 33). Dans l'Estrie occidentale, plusieurs de ces surfaces ont été signalées sur le flanc protégé de formes dissymétriques (Cloutier, 1982). Ailleurs, elles se présentent dans des contextes plus variés.

NERVURES STRIÉES OU RECOUPÉES

Quelques nervures striées (figures 34 et 35) ou recoupées (figure 36) ont été relevées. Compte tenu de la fragilité des micro-nervures, ces excellents critères de chronologie relative n'ont été que rarement conservés.

ÉTAT DE PRÉSERVATION DES STRIES

Dans l'Estrie, Chalmers (1898) a établi la chronologie relative des écoulements glaciaires en se basant, en bonne partie, sur l'apparente fraîcheur des stries (voir TRAVAUX ANTÉRIEURS). Sur une surface striée, le système le plus ancien se distinguera, idéalement, par des stries courtes, altérées, peu distinctes, dispersées irrégulièrement, souvent par taches. En contrepartie, on considère généralement que le dernier écoulement glaciaire présente des marques d'érosion fraîches et nettes, des stries fines et distinctes. Malheureusement, la plupart des surfaces striées sont dégagées depuis plusieurs années, et la comparaison de la *fraîcheur* de deux systèmes de stries devient fort délicate. McDonald (1967a, p. 71) commente que «(. . .) *the subjective criteria commonly used is the relative apparent freshness, a cha-*

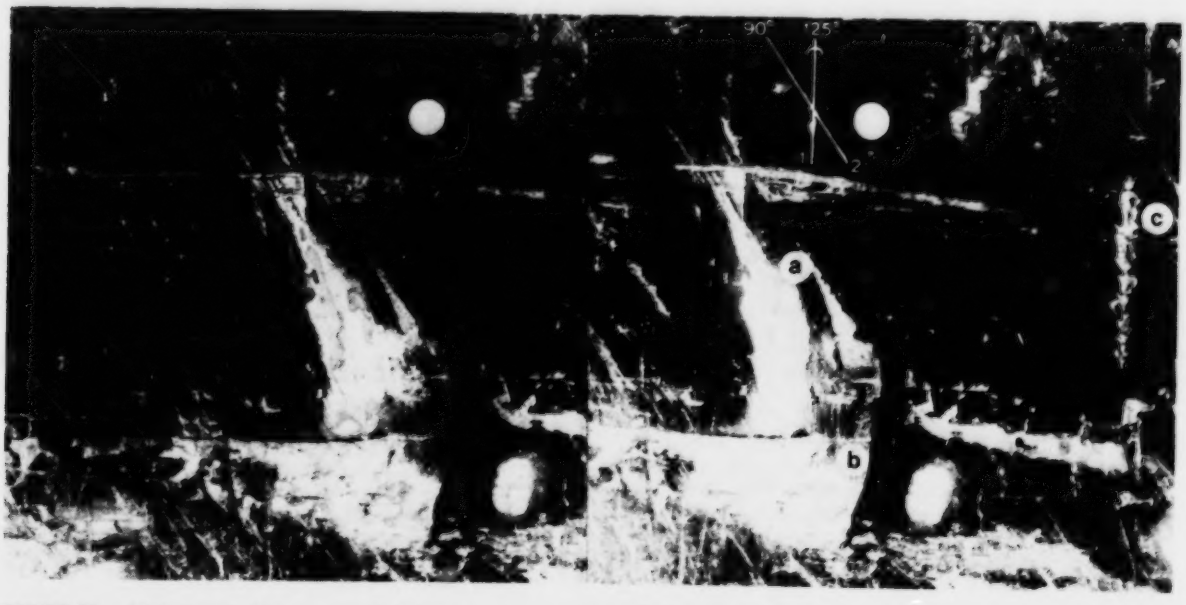


FIGURE 28 — Stéréogramme d'un gros plan de la figure 27. Les stries 090/270° sont plus nombreuses, plus fines et plus distinctes que les stries 125/305° représentées également par une strie en *dents-de-scie* en c : l'orientation des *dents* sur l'un des côtés de cette strie indique un écoulement vers le 125°. Une surface protégée dans une anfractuosité a été striée et oblitérée par des stries 090/270° (a) mais les stries 125° sont intactes en b : la position de l'anfractuosité et le remaniement par les stries (a) indiquent un écoulement de la glace vers l'est. Écoulements vers le sud-est, puis vers l'est. Lambton, comté de Mégantic.

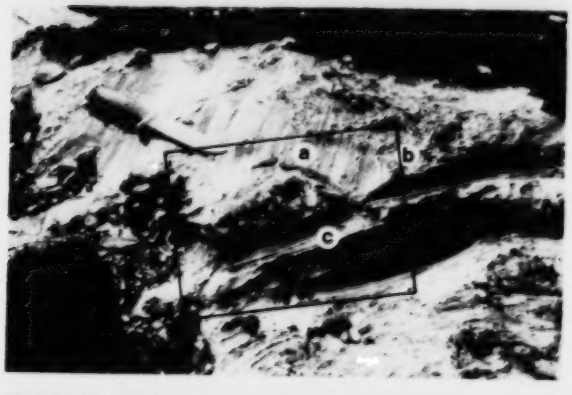


FIGURE 29 — Surface striée sur schiste à quartz comportant des systèmes de stries W (a) et SE (c). On notera ici aussi le contraste entre la surface tantôt striée, polie, aplanie (a) et celle à peu près intacte, rugueuse et retroussée (b). L'écoulement vers le sud-est est représentée par une cannelure curviligne qui porte quelques petites nervures W (voir figure 30) et semble avoir été protégée par sa position entre des nodules de quartz. Écoulements vers le sud-est puis l'ouest. Asbestos, comté de Richmond.

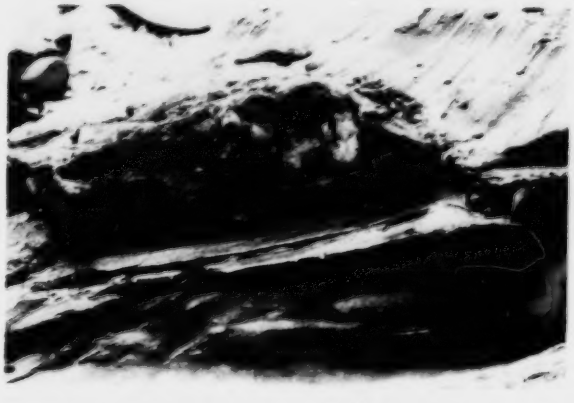


FIGURE 30 — Vue rapprochée d'une partie de la figure 29. La surface d'érosion SE est striée par de petites nervures W dont l'orientation diffère légèrement de celle au-dessus du nodule de quartz.

racteristic determinated by many factors of which time is the only one ». Par conséquent, ce critère n'a pratiquement jamais été retenu, comme tel, sinon à titre indicatif.

DOMINANCE STATISTIQUE

À l'échelle régionale, les stries associées au dernier écoulement glaciaire sont généralement plus fréquentes que les autres. Toutefois, les différents épisodes glaciaires ayant affecté une région n'ont pas eu la même durée ou la même intensité, et les fluctuations plus ou moins importantes qui ont jalonné la déglaciation ne sont pas nécessairement les plus marquantes sur le plan de l'érosion. Les formes dissymétriques sculptées dans des roches dures ne traduisent pas obligatoirement le dernier mouvement glaciaire, mais bien plutôt la dernière phase d'érosion importante (Edelman, 1951). De même, sur une surface comportant deux ou trois systèmes de stries, il importe de ne pas attribuer d'office un âge plus récent à celui dont les stries sont plus abondantes et mieux développées ; en effet, le dernier écoulement a pu se manifester par une faible puissance érosive pour diverses raisons d'ordre régionale (durée, vitesse d'écoulement) ou ponctuelle (morphologie de l'affleurement, topographie environnante). Cependant, sur l'ensemble du ter-

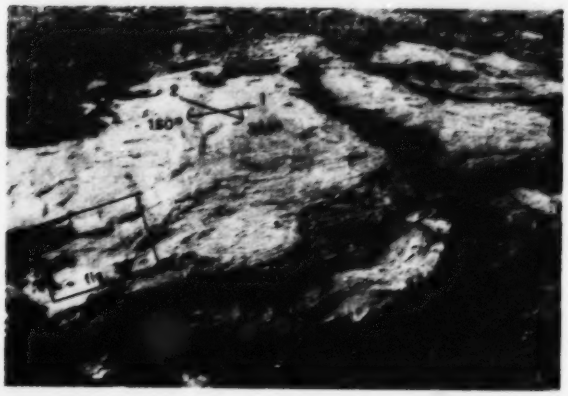


FIGURE 31 — Affleurement de schiste à quartz portant deux systèmes de stries. La surface est parsemée de nombreuses nervures 350°. Sur le flanc de l'affleurement on relève des nervures 350° (figure 32) et 160° (figure 33): ces dernières, protégées par leur position, sont antérieures aux nervures 350°. Écoulement vers le sud-est puis vers le nord. Saint-Rémi-de-Tingwick, comté d'Arthabaska.

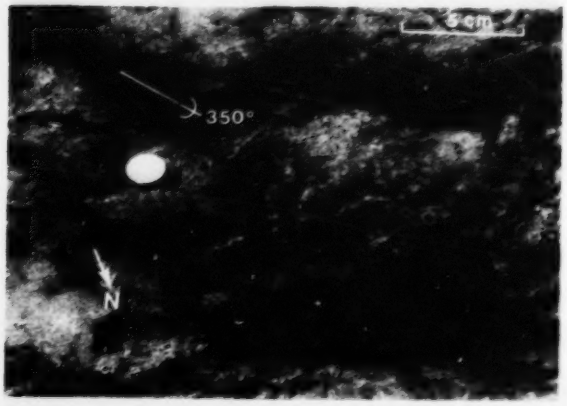


FIGURE 32 — Vue rapprochée d'une partie de la figure 31. Nervures de sens 350°, identiques à celles qui parsèment la surface de l'affleurement.

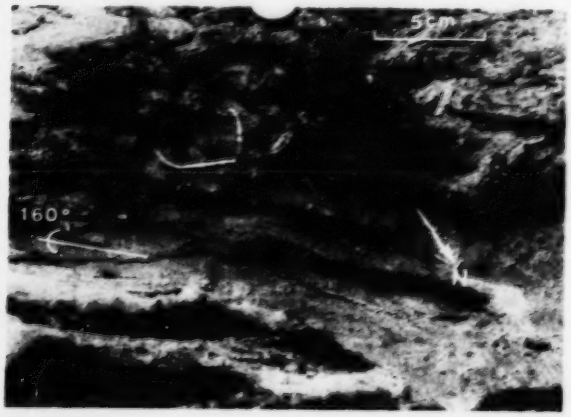


FIGURE 33 — Vue rapprochée d'une partie de la figure 31. Nervures de sens 160° protégées sur une petite surface, grâce à leur position sur la face aval de l'affleurement.

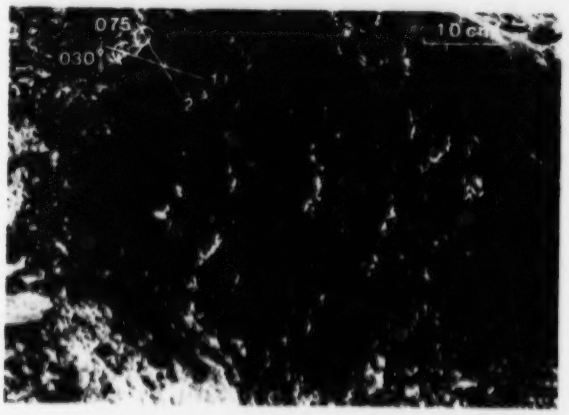


FIGURE 34 — Surface de schistes à quartz portant deux systèmes de stries représentés par des nervures 030° et 075°: les premières, plus fortes et mieux développées, sont striées par des micro-nervures 075°, fines et fragiles, abondantes surtout sur la surface des nervures 030° (figure 35). Écoulement vers le nord-nord-est, puis vers l'est-nord-est. Mont Sainte-Marguerite, comté de Lotbinière.

FIGURE 35 — Vue rapprochée d'une partie de la figure 33. Nervures de sens 030° striées par d'abondantes micro-nervures de sens 075°.

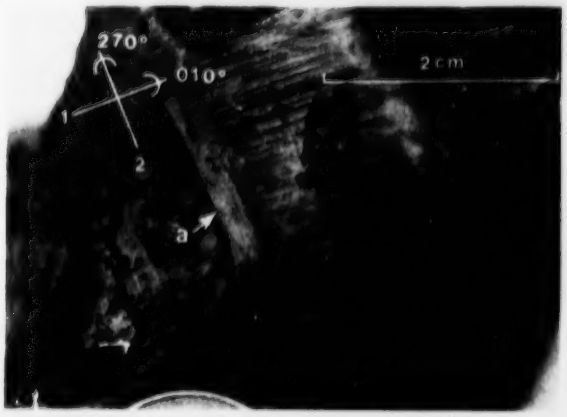


FIGURE 36 — Micro-nervures de sens 010° recoupées par des stries 090/270° (a), représentées sur l'affleurement par des nervures de sens 270°. Écoulement vers le nord puis vers l'ouest. Asbestos, comté de Richmond.

ritoire, les formes fragiles doivent être, *règle générale*, attribuées au dernier écoulement glaciaire. Par conséquent, il est difficile de ne pas associer, globalement, les micro-nervures aussi délicates et fragiles que celles illustrées aux figures 12 à 16, au plus récent écoulement glaciaire ou, au moins, à la dernière glaciation. À ce titre, nous estimons, comme la plupart des auteurs (*e.g.* Lamarche, 1971, 1974), que l'importance statistique des micro-nervures constitue une excellente évidence de la séquence chronologique des systèmes de stries.

Systèmes de stries

La mise à jour des cartes de stries (carte hors texte) a été établie à partir de celles de Gadd *et al.* (1972a), Lortie (1976) et LaSalle *et al.* (1977a). Les autres sources sont indiquées dans l'annexe. Un examen détaillé de cette carte permet d'observer les différents systèmes de stries dans les Appalaches du Québec.

Les systèmes de stries ont été divisés en trois groupes associés à des événements ou glaciers distincts (tableau 3). Le groupe I inclut des systèmes W et SW qui se rattachent vraisemblablement à un glacier local antérieur à la dernière glaciation. Le groupe II comprend le système régional SE associé essentiellement à la dernière calotte laurentidienne, ainsi que des systèmes plus locaux, SSE, S, SSW, E, SSW et NE. Le groupe III rassemble le système régional N et des systèmes locaux NW, NE-ENE et WSW; d'âge tardi-glaciaire, ce groupe est attribué à des glaces appalachiennes.

Cette division s'articule autour du système SE. Ce dernier correspond au pléniglaciaire et c'est l'unique système de stries régional qui apparaissent dans tout le sud du Québec. Nous avons présumé que les stries SE des glaciations antérieures ne comptaient que peu. La séquence chronologique s'appuie sur des critères de terrain décrits précédemment, la distribution géographique des systèmes de stries et leur importance statistique (figures 37, 38 et 39). Moins de 50 sites (< 3 %, la plupart en Estrie) ont livré une chronologie relative des systèmes de stries. Plusieurs exemples sont illustrés aux figures 21 à 36.

Groupe I

SYSTÈMES SW ET W

Bien qu'attribués à un même glacier local, les systèmes de stries W et SW qui composent le groupe I se différencient, outre leur orientation, par leur distribution géographique. Les stries SW ont été observées essentiellement en Estrie occidentale, notamment autour de Windsor, Stoke, Richmond, Sainte-Marie-d'Ely, Sutton et Knowlton (McDonald, 1966, 1967b, 1969; Lortie, 1975, 1976; Prichonnet, 1982, 1984). Apparemment plus fréquentes, les stries W occupent tout le sud de l'Estrie et de la Beauce (McDonald, *op. cit.*; Shilts, 1970), mais leur extension géographique reste peu connue parce qu'on les confond avec les stries WSW (III) et E (II). Shilts (1970, p. 56) écrit que « *The few striations measured at 75° to 90° near the border could have been made by thin northeast-moving ice channeled by prominent bedrock strike ridges* (. . .) *or during the pemultimate* (sic) *glaciation when ice flowed initially from the northeast* ». Les systèmes W et SW appartiennent, sans doute, à un même écoulement glaciaire dirigé vers l'ouest et plus ou moins défléchi. Bien qu'observés uniquement dans le sud de l'Estrie et de la Beauce, ces systèmes peuvent être rattachés à un glacier appalachien d'importance géographique plus étendue (voir DISCUSSION).

TABLEAU 3 — Séquence chronologique des principaux systèmes de stries dans les Appalaches du Québec*

Groupe de systèmes de stries	Estrie occidentale	Estrie orientale et Beauce	Bas-Saint-Laurent et Gaspésie occidentale
		WSW (Asbestos)	
III		?NE-ENE (Princeville — St-Séverin)	N et NW
		?NW (Asbestos)	
		N	
	SSW		NE (Montmagny — Gaspésie: littoral)
			E (Montmagny - Gaspésie: littoral)
II	S (Memphrémagog) E (Knowlton-Cowansville)	E (Burry, Armstrong — Lambton, haute-Chaudière)	
	SSE	SE	SE
	SE		
I	SW		
	W	W	

* Principalement d'après les données de:

McDonald (1967, *sq*), Prichonnet (1982, 1984), pour l'Estrie occidentale; McDonald (1967, *sq*), Shilts (1970, 1981), Lamarche (1971, 1974), Lortie (1975, 1976), LaSalle *et al.* (1977a), pour l'Estrie orientale et la Beauce; Martineau (1977, 1979, 1980), Lebuis et David (1977), Locat (1976, 1978), pour le Bas-St-Laurent et la Gaspésie occidentale.

Voir aussi tableau 4 et figure 40.

Groupe II

SYSTÈME SE

Le système de stries SE varie, selon la région, de 110° à 140°. Il apparaît partout dans le Québec méridional mais son importance statistique est très variable (figure 37): moins de 5 % au nord de la Beauce et plus à l'est; de 5 à 10 % entre les rivières Chaudière et Saint-François, plus de 25 % dans le sud de l'Estrie et de la Beauce, de même que dans les secteurs de Richmond — Kingsey-Falls et de Vallée-Jonction. Dans ces deux derniers secteurs, l'âge relatif des stries SE reste incertain.

Dans le Bas-Saint-Laurent, l'importance statistique des stries du système SE est difficile à évaluer. Quelques affleurements portent, en position protégée, des stries susceptibles d'avoir été produites par la calotte laurentidienne. L'orientation des stries de ce système correspond à celle des stries NW du groupe III. En l'absence de critères de polarité certains (nervure, *tête-de-clou*), les stries SE-NW ont été compilées sans sens. Tel que mentionné précédemment, un petit nombre appartient probablement aux glaciations antérieures. À ce mouvement glaciaire général sont associés de larges déflexions vers le sud, le sud-sud-est, l'est et le sud-sud-ouest.

SYSTÈME SSE

Les stries d'orientation 160° apparaissent nombreuses en Estrie occidentale et y représenteraient, selon Prichonnet (1982, 1984), la phase pléniglaciaire.

SYSTÈME S

Ce système local résulte d'une déflexion de la glace laurentidienne dans l'axe de la vallée Memphrémagog (McDonald, 1969). Il se serait développé durant la déglaciation.

SYSTÈME SSW

Cet autre système témoigne également, au même titre que le système S, de l'influence, à la déglaciation, des grandes dépressions de l'Estrie occidentale sur la marge amincie de l'indlandsis laurentidien. Prichonnet (1984) observe que ce mouvement a laissé des marques moins importantes que les précédents.

SYSTÈME E

Il n'y a pas un système E à proprement parler mais plusieurs petits ensembles de stries E postérieures aux systèmes SE et SSE. Ces ensembles correspondent à des déflexions ou lobations. Leur distinction est strictement géographique et ils couvrent des superficies très variables.

On les retrouve dans les secteurs de la haute Chaudière, de Knowlton — Cowansville, de Bury et d'Armstrong — Lambton (McDonald, 1967, 1969; Shilts, 1970; Gauthier, 1975b; LaSalle *et al.*, 1977a). Dans ce dernier secteur, les stries E sont fréquentes et, sur quelques sites, de bons indices signalent que leur formation est postérieure à celle des stries SE. Dans la haute Chaudière, l'âge et l'origine des stries E, orientées 070° - 105°, sont moins bien connues: elles seraient postérieures aux stries N qu'elles auraient alors oblitérées (Gauthier, 1975b), ou, au contraire, antérieures aux stries NE du groupe III (LaSalle *et al.*, 1977a). Lortie (1975) a également assimilé à une déflexion de l'écoulement vers le nord les stries E observées à Sainte-Marguerite et à Sainte-Hénédine. Dans le secteur de Montmagny, où leur orientation varie de 75° à 125°, les stries E sont confinées au littoral et au rebord du piedmont appalachien. Elles correspondent à un fléchissement du mouvement SE précédant la disparition de la glace laurentidienne de la rive sud du Saint-Laurent.

SYSTÈME NE

Ce système occupe la zone littorale de l'estuaire du Saint-Laurent, depuis la Gaspésie jusqu'à Montmagny (figure 37); au-delà, son extension est mal connue. Gadd (1978) a signalé à Saint-Narcisse-de-Beaurivage, dans les basses-terres, un site comportant des nervures 070° antérieures à des broutures 160°. Nous pensons que ces stries 070° appartiennent soit au système NE décrit ici, soit au système NE-ENE du groupe III. Les broutures concaves et les fractures de broutage qui le représentent sont particulièrement abondantes sur les quartzites de la formation de Kamouraska. Ce système est antérieur au système N et postérieur au système E, sauf localement à Rivière-du-Loup — Trois-Pistoles. Il est intimement lié à ce dernier.

Groupe III

Ce groupe est relié à une calotte de glace appalachienne. Il recouvre un éventail d'orientations qui, de part et d'autre d'un axe nord, s'étale depuis l'est jusqu'à l'ouest. Il est possible de distinguer plusieurs systèmes à l'intérieur de ce groupe. Un système N, de loin le plus important, occupe la plus grande superficie et enregistre les variations les plus marquées dans les orientations des stries. Des systèmes NW, NE-ENE et WSW[1], beaucoup plus localisés, complètent ce groupe.

SYSTÈME N

Le système N varie de 275° à 045°. Il couvre la partie sud-est des hautes-terres de l'est du Québec et la presque totalité des monts Notre-Dame à l'ouest de la rivière Matapédia (figure 38). Vers l'ouest, sa limite ne dépasse pas la rivière Saint-François. Au nord, il s'avance jusqu'à la bordure des basses-terres du Saint-Laurent et, dans le Bas-Saint-Laurent, il est même présent à l'intérieur de la zone littorale. En Estrie, sa limite méridionale correspond à une ligne qui relie Saint-Claude, Weedon, Saint-Georges-de-

1. Dans l'Estrie et dans la Beauce, LaSalle (*in* LaSalle *et al.*, 1982, puis LaSalle, 1984, 1985) a tenté d'esquisser la distribution géographique des stries N et WSW en se basant principalement sur les données de Gauthier (1975b) et de Lortie (1976).

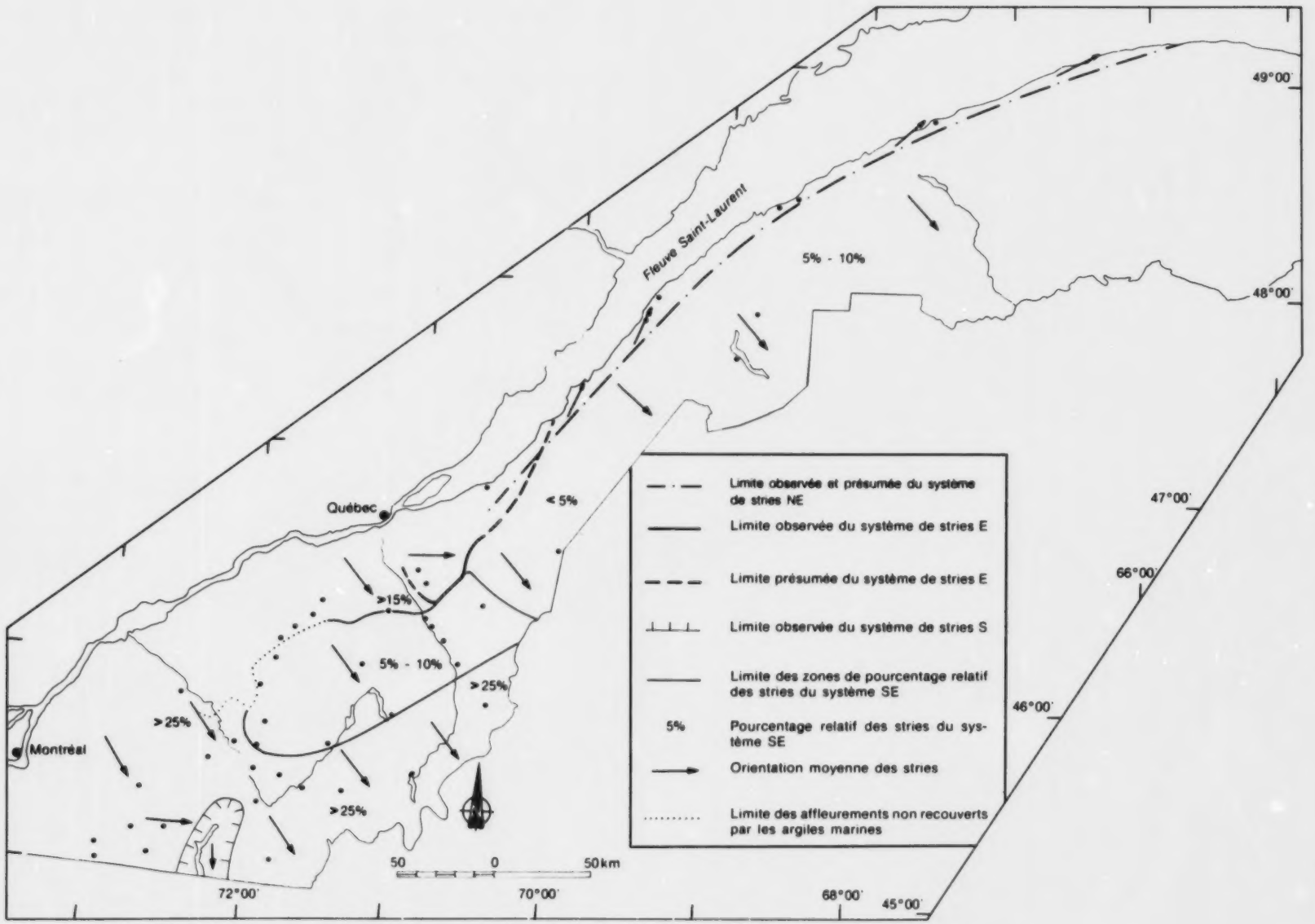


FIGURE 37 — Distribution géographique des systèmes de stries SE, S, E et NE (groupe II) au Québec méridional.

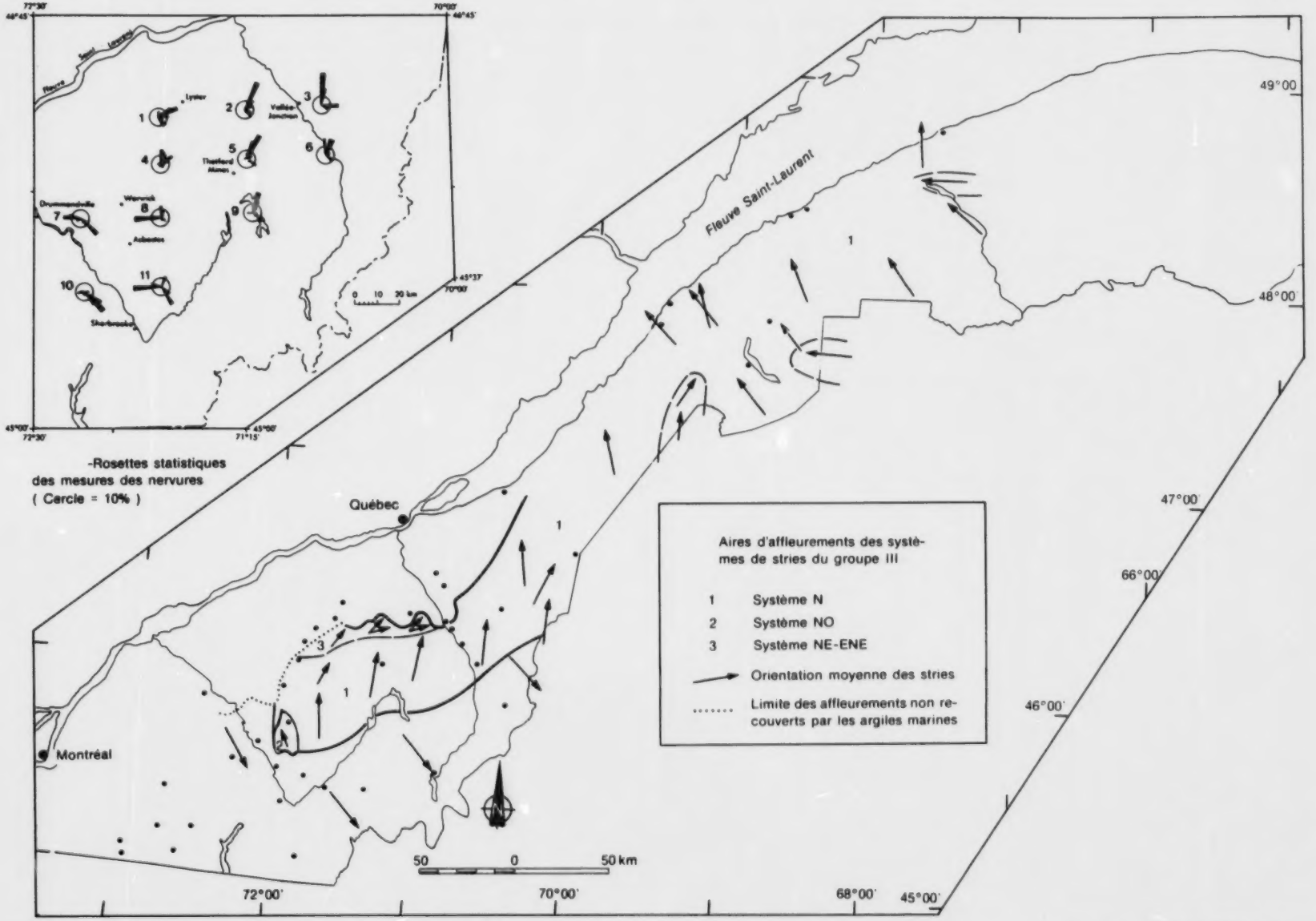


FIGURE 38 — Distribution géographique des systèmes de stries N, NW et NE-ENE (groupe III) au Québec méridional. Les rosettes statistiques correspondent aux nervures mesurées par feuillet SNRC à 1:50 000 (voir tableau 4).

Beauce et Saint-Louis-de-Gonzague, pour se poursuivre en territoire américain (Kite et Lowell, 1982). D'autre part, les stries N présentent des déviations générales vers l'ouest ou vers l'est dans les régions situées de part et d'autre de la Chaudière.

À l'ouest de la Chaudière, les stries N sont défléchies vers l'est. Leur fréquence atteint 30 % (figure 38 et tableau 4). Localement, des nervures N ont été relevées à l'intérieur du complexe morainique laurentidien du *front des hautes-terres*, notamment à Campbell-Corners (Lamarche, 1971 *in* Gadd *et al.*, 1972a) et à Laurierville — Plessisville. À Saint-Sylvestre, des nervures N-NE ont été signalées dans des zones de dépôts glacio-lacustres associés au complexe morainique précité: elles y seraient donc antérieures (Lortie, 1976; Gadd, 1978). Faute d'affleurements, l'extension des stries N dans les basses-terres, en particulier au nord de Laurierville — Arthabaska, n'est pas connue. D'autre part, l'âge des nervures N relevées dans certains points de la zone piedmontaise n'est pas nettement défini. À l'extrémité ouest du territoire, les nervures N signalées à Bedford (Clark, 1937) et à Beloeil (Elson, comm. pers., 1962, *in* McDonald, 1967a et 1975, *in* Lortie, 1976) ne paraissent pas se rattacher à ce système.

À l'est de la Chaudière, jusque dans la région du lac Matapédia, les stries N dépassent une fréquence de 70 % et sont défléchies, cette fois, vers l'ouest. Pour le Bas-Saint-Laurent, depuis la Beauce jusqu'à Rivière-du-Loup, ce changement est relié à la topographie. Le long de la frontière Québec-Maine, on observe quelques déflexions mineures témoignant d'un écoulement tardi-glaciaire vers le N et l'E.

Derrière Rivière-du-Loup et Trois-Pistoles, jusqu'au Nouveau-Brunswick et au-delà du Témiscouata, le système N regroupe des ensembles de stries d'orientations diverses. Dans l'axe lac Témiscouata — Rivière-du-Loup, le système présente une orientation régulière et constante vers le NW, puis quelques kilomètres avant la zone littorale, il est dévié de manière de plus en plus prononcée vers le N et le NNE; cette déviation semble antérieure aux stries NW observées également dans cette même zone. À l'est du lac Témiscouata, le long de la frontière avec le Nouveau-Brunswick, des stries W paraissent représenter la dernière manifestation glaciaire du secteur, sans doute infléchie par la topographie.

TABLEAU 4 — Nombre de mesures (« stries » et nervures) par feuillet SNRC à 1:50 000. D'après Lortie (1976).

Feuille	SNRC	Nombre de nervures mesurées	Nombre de « stries et de nervures mesurées	Numéro sur la figure 38
Lyster	21 L/5	18	36	1
St-Sylvestre	21 L/6	42	91	2
St-Joseph	21 L/7	11	93	3
Arthabaska	21 L/4	52	89	4
Thetford-Mines	21 L/3	43	73	5
Beauceville	21 L/2	21	91	6
Drummondville	31 H/16	20	38	7
Warwick	21 E/13	64	103	8
Disraëli	21 E/14	30	109	9
Richmond	31 H/9	24	55	10
Dudswell	21 E/12	9	65	11
	TOTAL	334	843	

Dans l'arrière-pays de Rimouski, le système s'oriente également vers le NW. Toutefois, de nombreuses déflexions très localisées, liées à des accidents topographiques, ont laissé de fréquentes stries diversement orientées, qu'il est difficile de regrouper en ensembles cohérents.

La vallée de la Matapédia et le territoire au sud-ouest de celle-ci sont caractérisés par un mouvement NW qui est, sans doute sous l'influence de la topographie, orienté plus à l'ouest que les mouvements précédents. Dans l'immense cuvette du lac Matapédia et à proximité de celle-ci, le mouvement est orienté vers l'ouest et est très certainement tardi-glaciaire. Vers le nord, entre le lac Matapédia et la zone littorale, le système N est représenté par des stries N. L'orientation y est constante et régulière.

SYSTÈME NW

Des nervures NW sont fréquentes dans un petit secteur, au sud d'Asbestos (figure 38). Nous les distinguons des stries NW décrites précédemment pour deux raisons: elles occupent une superficie très restreinte dans une région où les stries N sont généralement défléchies vers l'est; il est difficile de dire si elles se rattachent à l'écoulement glaciaire vers le nord ou vers l'ouest. Compte tenu, cependant, de la direction très constante des stries WSW (voir plus loin), nous préférons les associer à l'écoulement vers le nord, mais Lamarche (1974) croit qu'elles sont peut-être postérieures aux stries WSW.

SYSTÈME NE-ENE

Ce système représente une déflexion très marquée du système N et se caractérise par un éventail de mesures s'ouvrant jusqu'à 90°. La zone concernée couvre une superficie de 10 par 60 km, comprenant le rebord du piedmont, entre Princeville et Laurierville, et une étroite bande longeant les monts Tara, Sainte-Marguerite et Handkerchief (figure 38). Dans le piedmont, cette déflexion est clairement indépendante de toute influence topographique, mais nous ignorons si elle a précédé ou suivi les stries N.

SYSTÈME WSW[2]

Localisé aux environs d'Asbestos (figure 39), le système WSW atteint plus de 30 % des mesures et présente une direction remarquablement constante, légèrement oblique par rapport à l'orientation structurale des reliefs appalachiens. Sa distribution géographique ne semble pas dépasser la rivière Saint-François, mais son extension vers l'ouest est difficile à préciser parce que ses stries se confondent avec celles du système W du groupe I. Cependant, si on se fie à la fréquence très faible (< 5 %) de ces dernières dans le

2. Équivalent du système W du groupe III (Lortie, 1975, 1976).

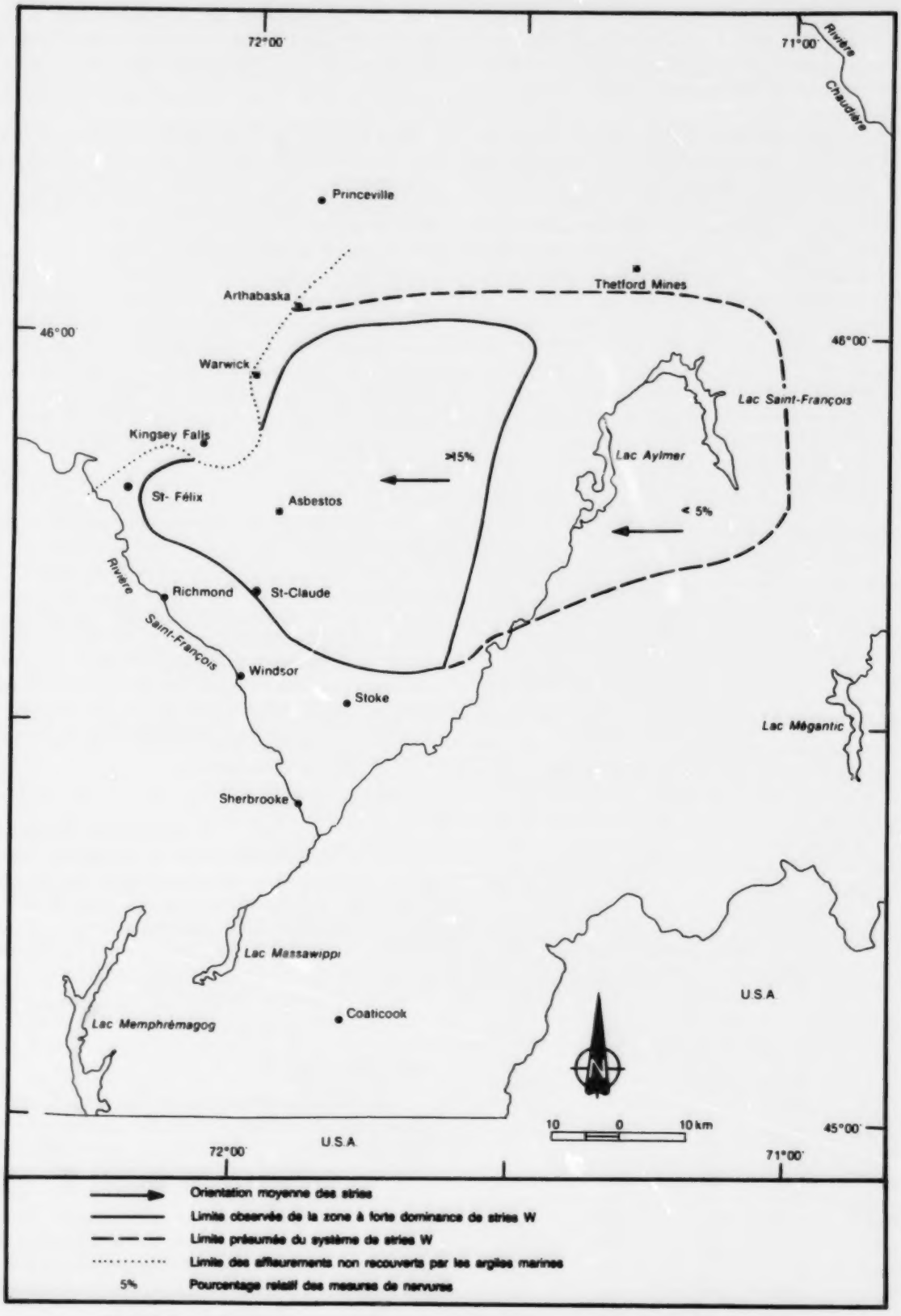


FIGURE 39 — Distribution géographique du système de stries WSW du groupe III dans la région d'Asbestos.

sud de l'Estrie, il est raisonnable d'attribuer la majeure partie des stries WSW au groupe III, là où elles excèdent 10 %. Compte tenu de leur rareté dans le secteur des lacs Aylmer et Saint-François, leur attribuer un âge récent avec certitude demeure malaisé. Des stries WSW ont été relevées par Lortie (1976) à l'intérieur et à l'ouest des dépôts du complexe morainique du front des hautes-terres défini par Gadd *et al.* (1972a).

Discussion

Au cours de la dernière décennie, les relevés de stries glaciaires ont largement contribué à la compréhension du comportement des glaces. Certains récents modèles de déglaciation du sud-est du Québec (Gauthier, 1975a, 1975b, 1976; Shilts, 1976a; LaSalle *et al.*, 1977b; Chauvin *et al.*, 1985) reposent, en bonne partie, sur les stries. La figure 40 synthétise l'ensemble des informations et montre les principaux mouvements glaciaires observés au Québec méridional. À la lumière des données présentées ici, plusieurs aspects doivent être soulignés et discutés, entre autres l'origine des systèmes de stries et leur corrélation avec les dépôts.

Fréquence et distribution géographique des systèmes de stries

L'importance statistique des systèmes régionaux de stries varie. Le système SE du groupe II, qui domine très largement dans le sud de l'Estrie et de la Beauce, devient peu important à l'est de la Chaudière, au profit du système N. Ces variations sont essentiellement tributaires de l'âge relatif des systèmes ainsi que du nombre de systèmes en présence, mais il importe également de tenir compte de l'influence de la lithologie et des densités variables des relevés. Dans le secteur de Thetford-Mines, par exemple, les schistes verts peu résistants n'ont pas favorisé la conservation des stries SE, ce qui a accentué l'importance des stries N. D'autre part, la distribution géographique et les pourcentages respectifs des systèmes de stries donnent peu d'informations sur la vitesse, la durée et la distance de transport des écoulements glaciaires. On notera cependant que la rareté des stries SE dans le Bas-Saint-Laurent et l'existence de formes dissymétriques de sens N dans des quartzites témoignent probablement d'une certaine vigueur ou d'une certaine durée de l'écoulement vers le nord.

David et Lebuis (1985) ont récemment appliqué à la Gaspésie un modèle faisant intervenir le régime thermique de la base des glaciers. Tout comme pour le nord du Maine (Genes *et al.*, 1981), cette approche permet d'expliquer l'absence d'érosion glaciaire et la conservation de formes périglaciaires dans certaines zones. En raison, cependant, de l'altitude et de la latitude des territoires à l'ouest de la Gaspésie, la base des glaciers a vraisemblablement toujours été en fusion, donc capable d'éroder, et il est très improbable que des variations des températures basales soient à l'origine de la distribution géographique et de l'importance des systèmes de stries décrits ici.

Par ailleurs, de part et d'autre de la Chaudière, le nombre de systèmes locaux de stries associés à des lobations et autres canalisations de la glace est assez comparable, surtout si l'on tient compte de la plus forte densité de surfaces striées visitées dans la partie occidentale du territoire. Ce dernier aspect explique peut-être, en partie, l'absence de stries du groupe I à l'est de la Chaudière (Beauce septentrionale et Bas-Saint-Laurent), même dans les secteurs les plus méridionaux. Cette absence constitue le caractère le plus distinctif entre les deux régions évoquées.

Origine des stries du groupe I

Tel que mentionné précédemment, les systèmes SW et W du groupe I se rattachent probablement à une avant-dernière glaciation. À celle-ci, dite Chaudière, correspond un till dont les caractéristiques (trame et lithologie) indiquent un écoulement glaciaire vers l'ouest-sud-ouest puis vers le sud-est (McDonald et Shilts, 1971). Plus au nord, dans les secteurs d'Asbestos et de Thetford-Mines, le till de Norbestos (nom informel), corrélé avec le till Chaudière, enregistre le même changement d'écoulement glaciaire (Chauvin, 1979a, 1979b; 1982a). Bien qu'observées dans le sud de l'Estrie et de la Beauce, les stries du groupe I appartiennent certainement à ce glacier, dont l'étendue fut probablement plus grande que celle qu'elles indiquent. En outre, la quasi-absence de stries marquant la transition entre les deux directions d'écoulement suggère que celle-ci fut peut-être fort rapide. Quoiqu'il en soit, l'écoulement vers l'ouest peut être attribué à un glacier appalachien, centré à l'est du territoire. McDonald (1971, p. 345) a écrit à propos de cet écoulement: « *Evidence of ice flow directions from the Quebec Appalachians suggests that, in early post-St-Pierre time, a major dispersal centre existed in the Maritime region, perhaps over northern Maine and central New Brunswick* ». Il a également expliqué le changement de direction d'écoulement glaciaire par une migration du centre d'écoulement laurentidien vers l'ouest (*idem*, p. 329 et 345). Shilts (1976c; 1981, p. 41) a ensuite proposé d'attribuer la mise en place du till Chaudière à un glacier originant « (. . .) *probably from a major centre of ice dispersal formed by coalescing local ice caps in Maine and the Maritimes Provinces* (. . .) », avant de s'unir à la calotte continentale laurentidienne. La localisation de ce *Maritime ice cap* (*idem*) explique assez bien l'absence de stries du groupe I dans le Bas-Saint-Laurent. En contre-partie, elle implique l'existence probable, dans cette région, d'un écoulement vers le nord antérieur à celui vers le sud-est, ce que nos relevés n'ont pas révélé jusqu'ici.

Dans un travail récent effectué dans la région d'Asbestos, Parent (1984) attribue la mise en place d'un till inférieur, ou till A corrélé avec le till Chaudière, à une glace appalachienne qui s'est écoulée d'abord vers l'ouest, puis vers le nord. Ce concept élimine une coalescence avec la glace laurentidienne et valorise considérablement la présence d'une glace appalachienne ancienne en Estrie. Les

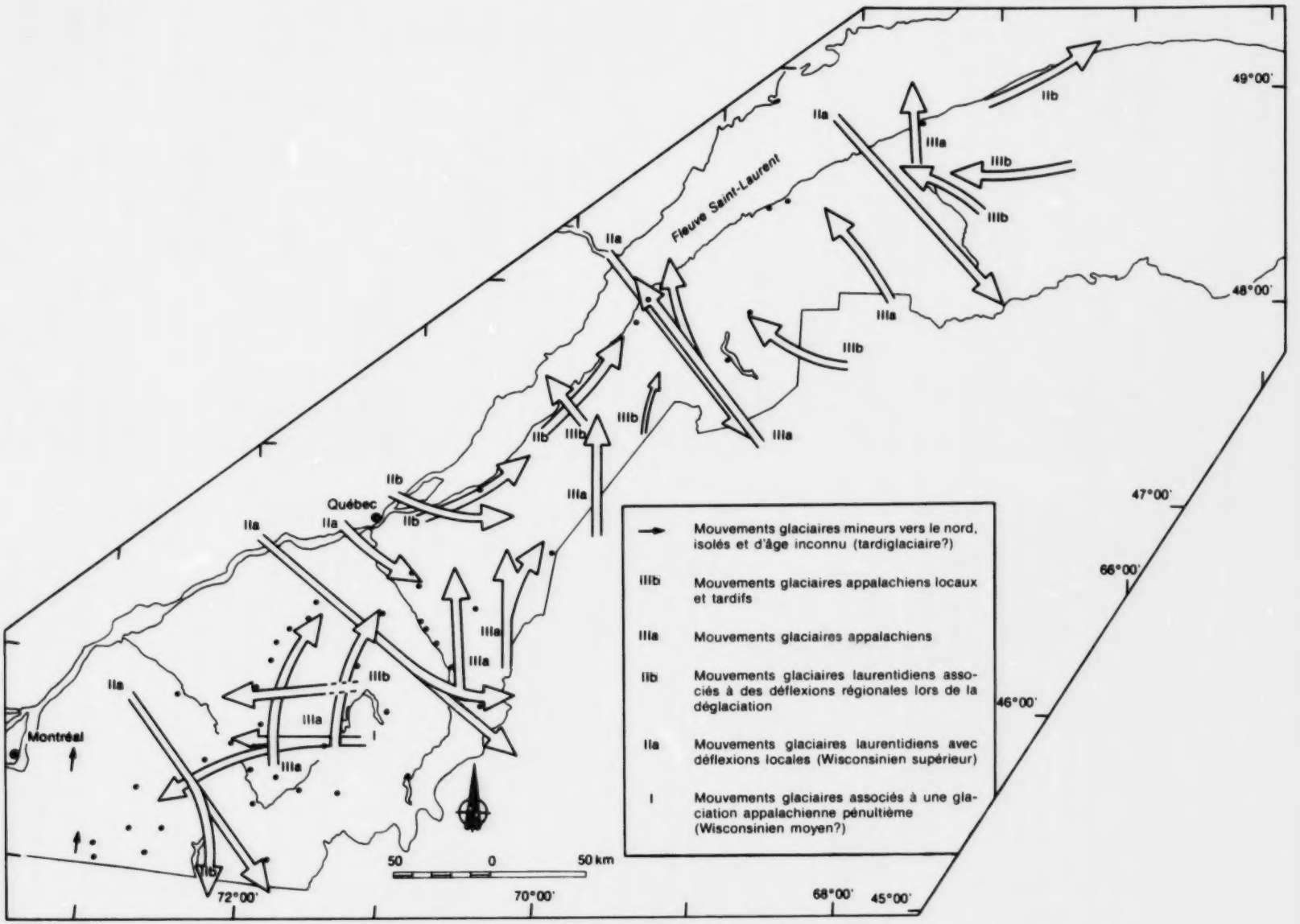


FIGURE 40 — Principaux mouvements glaciaires observés au Québec méridional. Voir également tableau 5.

changements de direction des écoulements glaciaires observés par Parent dans une coupe de la mine Norbestos sont, par ailleurs, en contradiction avec les données que Chauvin (1979b, 1981) a recueillies au même site et qui indiquent un écoulement vers l'ouest-sud-ouest puis vers le sud-est.

Origine des stries du groupe II

Les systèmes de stries de ce groupe posent peu de problèmes d'interprétation. Ils reflètent la progression générale de l'inlandsis laurentidien vers le sud-est avec des variations vers l'est (par exemple, à Lambton — Armstrong) ou vers le sud-sud-est en Estrie occidentale, au pléniglaciaire. À la déglaciation, la marge amincie s'est écartée de la direction initiale soit en étant canalisée dans de larges dépressions avec des mouvements vers le sud ou le sud-sud-ouest en Estrie occidentale, soit en réponse à des obstacles majeurs avec des écoulements vers l'est, par exemple.

Les stries NE et E observées dans la haute Chaudière et la zone littorale du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie traduisent une toute autre réalité. Elles témoignent de l'ajustement continuel de la glace à la progression d'une baie de vêlage dans l'axe de l'estuaire. Cette baie a conditionné toute la déglaciation du Québec méridional, depuis la Gaspésie jusqu'à Québec, en provoquant des écoulements glaciaires vers l'est et le nord-est (voir plus loin). Ceux-ci ne font pas intervenir de glace appalachienne, au sens strict, et correspondent à une transition avant la scission complète de l'inlandsis et l'émergence des calottes gaspésienne et appalachienne. À ce titre, les deux systèmes de stries résultants sont associés à la glace laurentidienne, en dépit de leur orientation.

Origine des stries du groupe III

SYSTÈME N

À peu d'exceptions près (Parent et Dreimanis, 1981; Parent, 1982, 1984), tous les auteurs récents ont attribué les stries N à une inversion de l'écoulement glaciaire vers le sud-est, intervenue durant la dernière déglaciation. Deux hypothèses ont d'abord été évoquées: 1) l'influence de la pente régionale (vers le nord) sur l'extrémité méridionale très amincie de la calotte laurentidienne (Lamarche, 1971) ou sur une masse de glace locale isolée par la transgression marine post-glaciaire (Lamarche, 1974); 2) la formation dans la région de Thetford-Mines, au sud des crêtes rocheuses appalachiennes, d'une masse glaciaire résiduelle abandonnée lors de l'amincissement de la calotte laurentidienne (*stranding process*); cette masse se serait écoulée de façon radiaire sous son propre poids ou encore, vers le nord, en réponse à l'abaissement de sa surface (*drawdown ou downdraw*) dans des eaux proglaciaires ou marines (Gadd *et al.*, 1972a). Ce dernier mécanisme, relié au vêlage de la glace dans l'estuaire ou le golfe (LaSalle, 1974; Gadd, 1976, 1978), fut finalement associé à une baie de vêlage dont la « modélisation » a été discutée par Thomas (1977). La progression de cette baie dans l'estuaire a impliqué des réajustements continuels de la glace, notamment par des écoulements convergents (Gauthier, 1975a, 1975b, 1976; Shilts, 1976a; LaSalle *et al.*, 1977b; Chauvin *et al.*, 1985). Elle a également favorisé l'émergence des glaces appalachiennes.

La limite méridionale des stries N pourrait indiquer la zone d'influence de l'inversion (Gadd, 1976; Lortie, 1976), mais elle a surtout été assimilée à la ligne de partage d'une calotte appalachienne, tel le *Québec ice divide* de Shilts (1976; 1981, fig. 48, p. 43); les fronts glaciaires en recul convergeaient vers cette zone, tandis que la glace s'y écoulait de part et d'autre, vers le nord et le sud-est. Cette ligne de partage glaciaire (*ice-divide*) s'étend depuis Windsor jusqu'à Saint-Zacharie (Shilts *in* Gadd, 1976), parallèlement à la limite méridionale des stries N présentée ici (figure 38), à quelque 5 ou 10 km plus au nord.

Parent (1984) croit que la limite méridionale des stries N pourrait représenter une ligne de partage des mouvements glaciaires, un premier écoulement vers l'ouest ayant été suivi par un second vers le nord, à la fin du stade glaciaire Chaudière. L'hypothèse est intéressante, d'autant plus que tous les auteurs récents ont associé les stries N à la déglaciation. Elle soulève toutefois deux objections majeures. En premier lieu, on voit mal pourquoi les stries N et W d'âge Chaudière seraient si fréquentes ($\geq 30\,\%$) dans les zones de schistes métamorphiques peu résistants et si rares ($\leq 5\,\%$) ailleurs, sur des lithologies plus résistantes; si ces stries ont été quasi oblitérées dans le sud de l'Estrie et de la Beauce, pourquoi auraient-elles été mieux conservées au nord, à Asbestos — Thetford-Mines? En second lieu, à l'est de la Chaudière, les stries N sont bien distribuées par rapport aux complexes morainiques appalachiens et bien intégrées dans les modèles de déglaciation de LaSalle *et al.* (1977b) et de Chauvin *et al.* (1985); compte tenu de ces modèles, il paraît difficile d'attribuer, de part et d'autre de la vallée Chaudière, un âge différent aux stries N même si l'existence d'un certain nombre de stries N anciennes est plausible.

L'origine des nervures N observées à Bedford (Clark, 1937) et sur le mont Saint-Hilaire (Elson *in* McDonald, 1967a; LaSalle, 1966) demeure inexpliquée. Il est douteux qu'elles appartiennent au système de stries N décrit ici, bien qu'on les estime également postérieures aux stries SE. À Bedford, Clark (1937, page 220) avait suggéré de les associer à une inversion de l'écoulement laurentidien « (. . .) *dependent upon a northward tilt of the land surface in late glacial* (. . .) » ou à des glaciers originant des monts Sutton. Cette dernière explication est inapplicable au mont Saint-Hilaire. En outre, Elson (1975 *in* Lortie, 1976) croit que les stries relevées au pied du mont ne peuvent pas être attribuées à un petit glacier s'étant écoulé depuis le sommet à cause de leur localisation en retrait d'une échancrure, le seul site possible pour un glacier local, et également à cause de leur direction divergente de celle qu'aurait eue une glace s'écoulant selon la pente locale. LaSalle (1966, p. 103) observe que les nervures « (. . .) *are better explained by*

movement of stagnating ice around the St-Hilaire Mountain ». Peut-être s'agit-t-il de stries appartenant à des événements glaciaires antérieurs à la dernière glaciation?

SYSTÈME NE-ENE

L'origine des stries NE-ENE du groupe III demeure problématique. Leur localisation dans le piedmont écarte toute influence topographique et suggère leur extension jusque dans les basses-terres. La très forte composante E dans l'orientation de ces stries pourrait être attribuée à une déflexion liée à l'influence d'une baie de vêlage remontant l'estuaire du Saint-Laurent, au-delà de la Chaudière. Or, comme les stries SE relevées dans la Haute-Chaudière sont très dominantes, donc plus jeunes en principe, l'hypothèse implique également une récurrence de la glace laurentidienne vers le sud-est (Gauthier, 1975b; Lortie, 1976). Associées à deux tills, des nervures 070° antérieures à des broutures 160° ont été relevées par Gadd (1978), au nord de Saint-Sylvestre, dans les basses-terres; elles corroborent l'hypothèse, mais Gadd (page 8) estime qu'elles appartiennent à une seule et même glaciation laurentidienne majeure, les nervures 070° étant « (. . .) *due to control by regional bedrock structure during an early phase of glaciation*, (. . .) ». Précisément à cause du contexte topographique local, cette explication nous paraît inadéquate. Quoiqu'il en soit, l'absence actuelle d'évidences stratigraphiques d'une telle récurrence, notamment dans la région de Québec, amène la majorité des auteurs à la rejeter (e.g. LaSalle *et al.*, 1982, Chauvin *et al.*, 1985). La phase glacio-lacustre, dont l'ampleur reste mal évaluée, précéda la transgression dans les basses-terres et fut peut-être le responsable principal de ce mouvement glaciaire.

SYSTÈME WSW

L'origine des stries WSW du groupe III n'est pas mieux expliquée. Ces stries ont été attribuées à une petite masse de glace très mince s'écoulant suivant la pente régionale (Lamarche, 1974) ou encore à la crue d'un petit glacier local en réponse à un fort vêlage dans des eaux marines ou glacio-lacustres (Lortie, 1976). Un âge Chaudière a été aussi suggéré (voir plus haut).

Corrélation des systèmes de stries

Les corrélations chronologiques entres les différents systèmes de stries restent difficiles. Les systèmes de stries représentent, en effet, une succession d'écoulements glaciaires dont plusieurs sont métachrones. L'écoulement vers le nord est apparu d'abord en Gaspésie pour se propager progressivement, par le mécanisme d'une baie de vêlage, jusqu'en aval de la ville de Québec. La remontée de cette baie au-delà de cette position n'est pas clairement documentée. Chauvin *et al.*, (1985) suggèrent que, entre Saint-Jean-Port-Joli et Québec, la séparation entre les deux masses, appalachienne et laurentidienne, s'est déplacée vers l'intérieur et a cessé d'être contrôlée par la baie de vêlage.

Comme nous l'avons souligné précédemment, l'existence de lacs glaciaires antérieurs à l'invasion marine dans la partie centrale des basses-terres du Saint-Laurent laisse également supposer que la scission entre les deux masses de glace précéda, et de beaucoup, l'apparition de la mer. Par conséquent, on peut envisager le système N comme étant transgressif dans le temps et l'espace depuis le nord-est vers le sud-ouest, le long de l'estuaire, et, aussi, depuis le sud-ouest vers le nord-est, le long de la partie centrale des basses-terres. Quel est l'âge de ces deux mécanismes, et sont-ils contemporains d'un mouvement vers le sud-est localisé, géographiquement, aux environs de la haute Chaudière?

Par ailleurs, au même moment où l'écoulement vers le nord apparaissait en Gaspésie, celui vers le sud-est se poursuivait plus à l'ouest. Une corrélation chronologique des systèmes de stries développés durant la déglaciation des diverses parties du territoire est forcément aléatoire. Le tableau 5 présente la séquence chronologique des systèmes de stries dans la Beauce et l'Estrie orientale; on notera que l'âge relatif des stries SE et E en périphérie du piedmont, depuis la Saint-François jusqu'à la Chaudière, reste incertain. Cette incertitude illustre fort bien la difficulté d'établir fermement, dans certains secteurs du Québec méridio-

TABLEAU 5 — Ordre chronologique du plus ancien (1) au plus récent (11) des principaux systèmes de stries dans l'Estrie et la Beauce*.

SYSTÈME DE STRIES			ORDRE CHRONOLOGIQUE		DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE
	Groupe				
I	II	III	Appalaches	Piedmont	
	SSW			11	Estrie occidentale
	E et NE			10	Haute Chaudière
	E			10	Cowansville-Granby
	SE			9(?)	Richmond — Kingsey-Falls, Laurierville — Vallée-Jonction
		WSW	8		Asbestos
		NE-ENE	7(?)	7(?)	Princeville — St-Séverin-de-Beauce
		NW	7(?)		Asbestos
		N	6		Nord de la Beauce et de l'Estrie
	S		5		Vallée Memphrémagog
	E		4		Armstrong — Lambton
	SSE		4		Knowlton, Granby, Waterloo, Sutton, Cowansville
	SE		3		Estrie et Beauce
SW			2(?)		Windsor, Richmond, Stoke, Sutton, Knowlton
W			1		Tout le sud et, probablement, le nord de l''Estrie; Beauce?

* Principalement après les données de Gadd *et al.* (1972a), Lortie (1975, 1976), LaSalle *et al.* (1977a) et Prichonnet (1982). Voir tableau 3 et figure 40.

nal, la séquence des événements glaciaires car, si la majorité des formes et marques d'érosion glaciaire se rattachent à la dernière glaciation, il est quasi impossible de déterminer celles qui appartiennent aux glaciations précédentes, entre autres parce qu'elles offrent les mêmes orientations vers le sud-est et l'ouest. Un récent exemple en est donné par Parent (1984). À proximité d'Asbestos, un affleurement fournit une séquence de trois systèmes de stries : des cannelures avec nervures 275° portent des stries simples de sens probables 015-020°, recoupées à leur tour par des stries fines de direction 165°. L'auteur (page 22) commente que « (. . .) *notre conclusion à l'effet que le mouvement vers l'ouest n'est pas le dernier va à l'encontre des conclusions de Lortie (1976) et de Lamarche (1974)* ». En fait, cette séquence peut aisément s'expliquer autrement en associant les cannelures 275° au système W du groupe I, les stries 015-020° à celui plus récent vers le nord et, enfin, celles de direction 165° à celui vers le nord-ouest ; ainsi envisagée, cette succession apparaît conforme à ce que Lamarche (1974) avait déjà proposé.

Le secteur de la moyenne Saint-François a connu trois écoulements glaciaires vers le sud-est, peut-être plus si l'on tient compte des récurrences possibles lors de la déglaciation, et deux autres vers l'ouest ; les chronologies relatives établies sur certaines surfaces striées de ce secteur sont difficiles, sinon impossibles, à insérer avec sûreté dans une telle séquence. À cet égard, la dominance statistique des systèmes de stries permet une argumentation chronologique plus globale et plus objective.

Systèmes de stries et dépôts

Les systèmes de stries correspondent à des phases d'érosion glaciaire plus ou moins longues et plus ou moins complexes. Au Québec méridional, la corrélation de ces événements glaciaires actifs avec la mise en place des dépôts morainiques et glacio-lacustres s'avère complexe, notamment en ce qui a trait aux systèmes de stries attribuées généralement à la déglaciation dans les régions d'Asbestos et de Thetford-Mines. En effet, les dépôts morainiques et glacio-lacustres suggèrent, en plusieurs endroits, le retrait d'un front glaciaire laurentidien vers le nord, ce qui, à priori, paraît incompatible avec les écoulements tardi-glaciaires vers le nord et l'ouest déduits des systèmes de stries. Aussi, un bref commentaire s'impose-t-il.

DÉPÔTS MORAINIQUES

La disposition spatiale des dépôts morainiques permet de reconstruire l'évolution du front glaciaire et de mettre en évidence les nombreux lobes qui ont jalonné la déglaciation. Certains lobes, comme celui de la vallée Memphrémagog, sont bien corrélés par les stries. À l'opposé, l'orientation et les positions successives des positions frontales de Lac-Mégantic (Shilts, 1970, 1981) indiquent le retrait d'un vaste lobe vers le nord-est, ce qui n'est nullement reflété par les stries. D'autre part, la présence de stries N et W dans la zone du complexe morainique du front des hautes-terres défini par Gadd *et al.*, (1972a) nous a amenés à leur suggérer une origine interlobaire, au moins localement (Lortie, 1975, 1976) ; cette hypothèse a été rejetée par Gadd (1976, 1978).

Par ailleurs, Clément et Parent (1977) ont interprété un retrait du front glaciaire vers le nord-ouest et le nord dans la région d'Asbestos qui implique que les derniers écoulements de la glace se sont effectués vers le sud et le sud-est ; cette incompatibilité avec les stries N et WSW du groupe III a été résolue en attribuant à celles-ci un âge Chaudière (Parent et Dreimanis, 1981 ; Parent, 1982). Toutefois, les positions frontales délimitées par Clément et Parent (1977, page 220) suscitent quelques réserves parce qu'elles sont souvent basées sur des systèmes morainiques et des chenaux proglaciaires de peu d'ampleur : les premiers sont, en fait, des « (. . .) *rides morainiques (qui) possèdent une forme transversale à sommet plat ou à large convexité sommitale* » tandis que les seconds, à fond plat, se développent en séries parallèles ou anastomosées en bordure d'un glacier actif. Ces rides et chenaux étant inscrits dans des dépressions dont l'orientation générale NE-SW est structurale, leur cartographie et leur interprétation sont délicates. Par exemple, à l'est de Bishopton, dans la haute Saint-François, Clément et Parent (1977, figure 5, page 222) ont cartographié une série de bourrelets et chenaux orientés NE-SW et associés à une position frontale (*idem*, figure 2, page 219) d'une masse glaciaire dont le retrait s'est effectué vers le nord ; en fait, cette série se rattacherait au flanc d'un lobe ayant retraité vers le nord-est (Larocque, G. *et al.*, 1983, figures 3g et 3h, page 89). Le territoire compris entre les rivières Chaudière et Saint-François demeure donc problématique. À l'est et au sud de cette région, les complexes morainiques sont beaucoup mieux individualisés. Leur mise en place par des glaces appalachiennes ou laurentidiennes, de même que leur relation avec les systèmes de stries sont cohérentes, notamment dans le Bas-Saint-Laurent et le nord de la Beauce.

DÉPÔTS GLACIO-LACUSTRES

Assez fréquents dans l'Estrie, ces dépôts ont nécessité le blocage du drainage régional normal (vers le nord et l'ouest) par la glace. Ainsi, dans la région de Saint-Sylvestre, des stries N ont été relevées dans des zones de dépôts glacio-lacustres qui témoignent du blocage du drainage par la glace laurentidienne. Ces dépôts indiquent que les stries N leur sont antérieures, que la glace responsable de celles-ci avait disparu lors de la phase lacustre et que le dernier événement glaciaire dans le piedmont et les basses-terres de cette région concerne la glace laurentidienne (Gadd, 1978). Ces observations rejoignent l'hypothèse d'une récurrence formulée plus haut. D'autres complexes glacio-lacustres, dont l'origine et l'évolution furent assujetties à des lobes, ont été étudiés également à Lac-Mégantic (Larocque, A. *et al.*, 1983), au lac Memphrémagog (Boissonnault *et al.*, 1981 ; Boissonneault et Gwyn, 1983) et dans la haute Saint-François (Larocque, G. *et al.*, 1983).

Ce dernier cas est particulièrement intéressant parce qu'il se situe immédiatement au sud de la limite méridionale des stries N et implique un lobe qui a retraité vers le nord-est, mis en place plusieurs moraines frontales, dont celles d'East-Angus (McDonald, 1969), et provoqué l'existence d'un lac dont les dépôts avaient déjà été cartographiés par Dubé (1967), Tremblay (1975), Chauvin (1979b) et Clément (1982). Dans leur reconstitution détaillée du paléolac, Larocque, G. *et al.*, (1983) associent simplement ce lobe à l'« inlandsis » (page 21), reprenant à peu de choses près McDonald (1969). Tenant compte des stries N, Gadd *et al.* (1972a, page 11) avaient suggéré : « *After retreat from this (Stoke Mountain Interlobe Moraine), a glacial lobe flowed southwestward down the St. Francis river valley east of the Stoke Mountains and terminated at a morain accross the valley at East Angus. This moraine, (. . .), may also be an indication of readvance nourished from the local dispersal area* ; », ce dernier étant responsable des stries N. Clément et Parent (1977) avaient, pour leur part, attribué cette moraine à une masse glaciaire orientale autonome, évoquée plus haut ; la moraine de Garthby, à la hauteur de la baie Ward du lac Aylmer y a été également rattachée (*idem*). À la même latitude, cependant, à l'est du lac Saint-François, Shilts (1981, p. 43) estime que « *In fact, some of the morainic fragments in the vicinity of Saint-Evariste-de-Forsyth may have been deposited by northward-flowing ice* ».

Ces dernières remarques illustrent bien la difficulté d'intégrer à l'intérieur d'un modèle de déglaciation des données contradictoires, du moins en apparence. La déglaciation du nord de l'Estrie est probablement la plus complexe de tout le Québec, et aucun des modèles existants ne parvient à l'expliquer adéquatement. La déglaciation de ce territoire est liée à celle des régions orientales, mais contrairement à ces dernières, on ne retrouve pratiquement aucun esker ou moraine qui indiquerait nettement le retrait vers le sud d'un front appalachien actif (*cf.* LaSalle *et al.*, 1976, 1977a, 1977b ; Martineau, 1977, 1978, 1980). La déglaciation s'y distinguerait plutôt par une lente stagnation de la glace, processus ayant développé des tills de fusion et de coulée (Valade *et al.*, 1982). Le style de déglaciation fort différent des deux régions s'explique peut-être, en partie, par la présence de la vallée Chaudière, accident topographique majeur scindant le territoire.

Conclusions

Dans l'optique d'une prospection minière appliquée aux dépôts quaternaires du Québec méridional, plusieurs aspects relatifs à l'âge, à l'importance et à la répartition spatiale des écoulements glaciaires doivent être considérés. Trois groupes de systèmes de stries (tableau 3) témoignent d'écoulements glaciaires très variables (figure 40) et de transports glaciaires plus ou moins importants.

Écoulements glaciaires majeurs

Trois systèmes principaux de stries glaciaires ont été observés sur l'ensemble du territoire: W, ancien, SE, à la dernière glaciation, et N, lors de la déglaciation. Leur répartition géographique et leur importance statistique permettent de délimiter trois grands secteurs en termes de transport glaciaire:

- Le sud de l'Estrie et de la Beauce, caractérisé par des écoulements vers l'ouest puis le sud-est;
- Le nord de l'Estrie et de la Beauce, où des mouvements vers l'ouest, le sud-est et le nord prennent place;
- Le Bas-Saint-Laurent et la Gaspésie, où s'observent des mouvements vers le sud-est puis le nord.

L'absence de stries W anciennes et les faibles pourcentages de stries SE dans le troisième secteur, de même que l'absence de stries N et les forts pourcentages de stries SE dans le premier secteur sont, sans doute, les données les plus fondamentales à retenir. Le système SE est le seul qui soit réparti sur tout le territoire étudié.

La région la plus complexe est comprise entre les rivières Chaudière et Saint-François. La plupart des mouvements principaux s'y sont manifestés, mais leur séquence demeure controversée.

Écoulements glaciaires anciens

L'extension géographique des stries W du groupe I reste imprécise, mais elle concerne vraisemblablement toute la Beauce et toute l'Estrie. Il est possible que les forts reliefs des monts Notre-Dame en marque la limite. Si tel est le cas, Saint-Magloire, Saint-Joseph et East-Broughton en circonscriraient la limite septentrionale.

La glace appalachienne probablement responsable de ces stries n'a pas laissé de traînées d'erratiques individualisées, mais son action peut expliquer plusieurs anomalies géochimiques ponctuelles, spécialement dans des contextes de protection topographique. Des anomalies géochimiques (Ni, Cr) ont été relevées dans le till Norbestos et peuvent être attribuées à ce complexe glaciaire appalachien (Chauvin, 1979b, 1982). Des blocs de nordmarkite provenant du mont Mégantic ont été retrouvés jusqu'à 45 km de leur source (McDonald et Shilts, 1971). Les auteurs précités associent ce déplacement au début de la glaciation Chaudière du Wisconsinien moyen. Ses effets en termes de transport et d'érosion ont certainement été suffisamment importants pour être perceptibles en dépit de l'écoulement vers le SE de la phase finale de la glaciation Chaudière et de la glaciation Lennoxville qui suivit. L'explorationniste qui utilise la géochimie des sédiments quaternaires de l'Estrie et de la Beauce doit tenir compte de cette réalité.

Écoulements glaciaires locaux

Plusieurs systèmes de stries très locaux, associés le plus souvent à des lobes ou causés par des accidents topographiques, ont été signalés dans les pages précédentes. Abondants surtout en Gaspésie, où l'ampleur du relief commande déflexions et lobations, leur impact sur les évidences de transport glaciaire reste mal évalué. Le plus souvent brefs intervalles dans le cheminement de la déglaciation, leur effet sur le transport des indicateurs lithologiques peut être néanmoins important, spécialement lorsqu'ils résultent de mouvements canalisés dans l'axe de vallées majeures (Chauvin, 1984).

Écoulements et transports glaciaires

La chronologie relative des écoulements glaciaires que nous proposons est basée essentiellement sur les systèmes de stries. Or, contrairement à ce qui est généralement observé ailleurs, les patrons d'érosion dominants associés aux écoulements glaciaires les plus récents ne correspondent pas nécessairement aux patrons de transport et de dispersion géochimiques et/ou lithologiques. Ainsi, les derniers écoulements tardiglaciaires vers le nord et l'ouest ont eu apparemment peu d'impact, en termes de transport, dans le Bas-Saint-Laurent, la Beauce et l'Estrie (Lortie, 1976; Martineau, 1979). Les causes réelles, sans doute multiples, en sont mal connues. Le contexte topographique défavorable et la brève durée des écoulements tardi-glaciaires n'y ont pas favorisé de remaniement important des traînées SE, surtout en Estrie (Lortie, 1976).

Sur l'ensemble du territoire, le transport glaciaire vers le sud-est est marqué par de nettes traînées. Au sud du complexe ophiolitique de Thetford-Mines, les courbes d'isofréquence des indicateurs ultrabasiques atteignent 50 % et s'étalent jusqu'à 60 km de leur origine (Shilts, 1973a, 1973b, 1976b). Dans le till de surface, les courbes d'isofréquence du nickel et du chrome corroborent parfaitement celles des indicateurs ultrabasiques (*idem*; Lortie, 1976). Si des indicateurs lithologiques ont été retracés à l'ouest

et au nord de leur source, les patrons exprimés n'atteignent jamais l'ampleur et la netteté du transport vers le sud-est (Lortie, 1976), sauf en Gaspésie. Dans cette dernière région, les patrons associés au transport vers le nord sont également très bien développés (Lebuis et David, 1977; Chauvin, 1984), et leur existence permet d'expliquer nombre d'anomalies géochimiques des sédiments de ruisseau (Choinière, 1985; Chauvin et David, 1986).

Les études de détail restent malheureusement peu nombreuses, entre autres celles consacrées au traçage géochimique du till. Si on exclut le nord de l'Estrie, encore très problématique, les patrons d'érosion et de transport présentent néanmoins une bonne cohérence. À cet égard, les informations présentées ici constituent, au-delà des nuances et des mises en garde, une donnée fondamentale de l'histoire glaciaire du Québec méridional.

Références

ALLARD, M., 1981 – L'Anse-aux-Canards, Île d'Orléans, Québec : évolution holocène et dynamique actuelle. Géographie physique et Quaternaire ; volume 35, n° 2, pages 133-154.

AUBERT DE LA RÜE, E.A., 1941 – Région du lac Matapédia, comtés de Matapédia, de Matane et de Rimouski. Ministère des Mines, Québec ; RG-9, 40 pages, carte 497 (1 :316 800).

BAIL, P., 1983 – Problèmes géomorphologiques de l'englacement et de la transgression marine pléistocènes en Gaspésie sud-orientale. McGill University ; thèse de Ph.D., non publiée, 180 pages.

BAILEY, L.W. – McINNES, W., 1888 – Report on explorations and surveys in portions of Northern New Brunswick and adjacent areas in Québec and in Maine. Geological Survey of Canada ; annual report for the year 1887, volume 3, part M, pages 1-52.

BÉLAND, J., 1953 – Région de Saint-Magloire, comtés de Montmagny, de Bellechasse et de Dorchester. Ministère des Mines, Québec ; RP-279, 7 pages, carte 999 (1 :63 360).

———— 1954 – Région de Rosaire – Saint-Pamphile, comtés de Montmagny et de l'Islet. Ministère des Mines, Québec ; RP-294, 8 pages, carte 1035 (1 :63 360).

———— 1957 – Régions de Saint-Magloire et de Rosaire – Saint-Pamphile. Ministère des Mines, Québec ; RG-76, 49 pages, cartes 1097 et 1098 (1 :63 360).

———— 1960 – Région de Rimouski-Matapédia, districts électoraux de Rimouski, Matapédia, Bonaventure et Matane. Ministère des Mines, Québec ; RP-430, 20 pages, carte 1342 (1 :63 360).

BENOIT, F.W., 1958 – Région de Saint-Sylvestre et de la moitié ouest de Saint-Joseph, districts électoraux de Mégantic, de Lotbinière, de Dorchester et de Beauce. Ministère des Mines, Québec ; RP-359, 12 pages, carte 1214 (1 :63 360).

BOISSONNAULT, P. – GWYN, Q.H.J. – MORIN, B., 1981 – Le lac proglaciaire Memphrémagog : Géologie, géomorphologie, archéologie (livret-guide d'excursion). Université de Sherbrooke, Département de Géographie ; Bulletin de Recherche n° 55, 40 pages.

BOISSONNAULT, P. – GWYN, Q.H.J., 1983 – L'évolution du lac proglaciaire Memphrémagog, sud du Québec. Géographie physique et Quaternaire ; volume 37, n° 2, pages 197-204.

BOSTOCK, H.S., 1964 – A provisional physiographic map of Canada. Geological Survey of Canada ; paper 64-35, 24 pages, map 13-1964 (1 :603 200).

———— 1969 – Physiographic regions of Canada. Geological Survey of Canada ; carte 1254A (1 :500 000).

BURTON, F.R., 1933 – Geology of the district around Lake Aylmer. McGill University ; unpublished M.Sc. thesis.

CHALMERS, R., 1881 – On the glacial phenomena of the Bay of Chaleurs region. Canadian Naturalist ; new series, volume 10, pages 37-54.

———— 1882 – On the surface geology of the Baie des Chaleurs region. Canadian Naturalist ; new series, volume 10, pages 192-212.

———— 1887 – Report on surface geology, northern New Brunswick and southeastern Quebec. Geological Survey of Canada ; annual report for the year 1886, volume 2, part M, pages 1-37.

———— 1890 – Glaciation of eastern Canada. American Geologist ; volume 6, pages 240-244.

———— 1895a – Surface geology of portions of New Brunwsick, Nova Scotia and Québec. Geological Survey of Canada ; annual Report for the year 1894, volume 7, partie A, pages 80-88.

———— 1895b – Report on the surface geology of eastern New Brunswick, northwestern Nova Scotia and a portion of Prince Edward Island. Geological Survey of Canada ; annual report for the year 1894 ; volume 7, part M, 144 pages.

———— 1898 – Surface geology and auriferous deposits of southeastern Quebec. Geological Survey of Canada ; annual report for the year 1897, volume 10, part J, 160 pages.

CHAMBERLIN, T.C., 1888 – The rock-scorings of the great ice invasions. Geological Survey of the United States ; 7th annual report for the 1885-86 year, pages 147-248.

CHARLESWORTH, J.K., 1957 – The Quaternary Era with special reference to its glaciation. E. Arnold Editor ; London, 2 volumes, 1700 pages.

CHAUVIN, L., 1979a – Dépôts meubles de la région de Thetford-Mines – Victoriaville. Ministère des Richesses naturelles, Québec ; rapport préliminaire, DPV-622, 20 pages, carte (1 :50 000) en deux feuillets.

———— 1979b – Géologie des dépôts meubles de la région d'Asbestos – Disraeli. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec ; rapport préliminaire, DPV-716, 13 pages, carte (1 :50 000).

———— 1982a – Stratigraphie du Quaternaire de la région de Thetford-Mines, Québec. Annales de l'ACFAS, 50e congrès ; volume 49, page 133.

———— 1982b – Géologie du Quaternaire de la région de Mont-Louis – Grande-Vallée, comté de Gaspé-est. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec ; DP 82-04, carte (1 :50 000) en deux feuillets.

———— 1983 – Géologie du Quaternaire de la région de Ruisseau Lesseps – Murdochville (partie centrale de la Gaspésie). Ministère de l'Énergie et des Ressources; Québec; DP 83-26, carte (1:100 000).

———— 1984 – Géologie du Quaternaire et dispersion glaciaire en Gaspésie, région de Mont-Louis – Rivière-Madeleine. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; ET 83-19, 36 pages.

CHAUVIN, L. – MARTINEAU, G. – LaSALLE, P., 1985 — Deglaciation of the Lower St-Lawrence Region, Quebec. Geology Society of America; special paper 197, pages 111-123.

CHAUVIN, L. – DAVID, P.P., 1986 – Dispersion glaciaire d'erratiques en Gaspésie centrale et ses applications. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; ET 86-01.

CHOINIÈRE, J., 1984 – Données brutes de la géochimie des sols et des tills de la région de Thetford-Mines. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DV 84-16, 60 pages, carte (1:100 000) en deux feuillets.

———— 1985 – Synthèse de la géochomie des sédiments de ruisseau de la Gaspésie. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MM 84-01, 11 cartes à 1:500 000.

CLARK, T.H., 1937 – Northward moving ice in southern Quebec. American journal of Sciences; 5th series, volume 234, pages 215-220.

CLARK, T.H – GLOBENSKY, Y., 1973 – Portneuf et parties de Saint-Raymond et de Lyster, comtés de Portneuf et de Lotbinière. Ministère des Richesses naturelles, Québec; RG-148, 110 pages, carte (1:63 360) en deux feuillets.

CLÉMENT, P., 1982 – Cartes géomorphologiques des Cantons de l'Est: régions de Dudswell, Scotstown, Sherbrooke, La Patrie, Coaticook et Malvina. Université de Sherbrooke, Département de géographie; Bulletin n° 61, 22 pages, 5 cartes à (1:100 000).

CLÉMENT, P. – PARENT, M., 1977 – Contribution à l'étude de la déglaciation wisconsinienne dans le centre des Cantons de l'Est. Géographie Physique et Quaternaire; volume 31, pages 217-228.

CLOUTIER, M., 1982 – Géologie des dépôts quaternaires et géomorphologie de la région de Cowansville et de Knowlton, Québec. Université du Québec à Montréal; mémoire de M.Sc., non publié.

CLOUTIER, M. – PRICHONNET, G., 1980 – Hiérarchie des stries glaciaires wisconsiniennes du secteur montagneux de Cowansville – Knowlton – Sutton, Québec. Annales de l'ACFAS; 48e congrès, volume 47, n° 1, résumés, page 113.

DAVID, P.P. – LEBUIS, J., 1985 – Glacial maximum and deglaciation of western Gaspé, Québec, Canada. Geological Society of America; special paper 197, pages 85-109.

DAWSON, J.W., 1893 – The Canadian Ice Age. W.V. Dawson, Montréal; 301 pages.

DE RÖMER, H.S., 1957 – Région de Saint-Étienne de Bolton, districts électoraux de Brome et de Shefford. Ministère des Mines, Québec; RP-344, 11 pages, carte 1171 (1:12 000).

———— 1960 – Geology of the Eastman – Orford Lake area, Eastern Townships, Quebec. McGill University; unpublished Ph.D. thesis.

DIONNE, J.-C., 1972 – Le Quaternaire de la région de Rivière-du-Loup – Trois-Pistoles, côte sud de l'estuaire maritime du Saint-Laurent. Centre de recherche forestière des Laurentides; rapport d'information Q-F-X-17, 95 pages.

DOIRON, A., 1981 – Les dépôts quaternaires de la région de Granby-Waterloo, Québec: Cartographie, sédimentologie et stratigraphie. Université du Québec à Montréal; mémoire de M.Sc., nor publié, 108 pages.

DRESSER, J.A., 1913 – Reconnaissance along the National Transcontinental Railway in southern Quebec. Geological Survey of Canada; memoir 35, 42 pages.

———— 1914 – Rapport préliminaire sur la serpentine et les roches connexes de la partie méridionale du Québec. Commission géologique du Canada; mémoire 22.

DUBÉ, J.-C., 1967 – Carte des dépôts meubles de Disraeli (21 E/14). Ministère des Richesses naturelles, Québec; DP-261.

DUQUETTE, G., 1960a – Région de Gould, districts électoraux de Wolfe et de Compton. Ministère des Mines, Québec; RP-432; 15 pages, carte 1344 (1:63 360).

———— 1960b – Région de Weedon, districts électoraux de Wolfe et de Frontenac. Ministère des Mines, Québec; RP-416, 15 pages, carte 1315 (1:63 360).

———— 1961 – Région du lac Aylmer, comtés de Wolfe et de Frontenac. Ministère des Mines, Québec; RP-457, 6 pages, carte 1385 (1:12 000).

EDELMAN, N., 1949 – Some morphological details of the roches moutonnées of the southwestern Finland. Bulletin de la commission géologique de Finlande; n° 144, pages 129-137.

———— 1951 – Glacial abrasion and ice movements in the area of Rosala – Nölö, southwestern Finland. Bulletin de la commission géologique de Finlande; n° 154, pages 157-169.

ELLS, R.N., 1887 – Report on the geology of a portion of the Eastern Townships, relating more specially to the counties of Compton, Stanstead, Beauce, Richmond and Wolfe. Geological Survey of Canada; annual report for the year 1886, volume 2, part J, 70 pages.

———— 1889 – Second report on the geology of a portion of the province of Quebec. Geological Survey of Canada; annual report for the years 1887-1888, volume 3., part 2, pages 1K-120K.

EMBLETON, C. – KING, C.A.M., 1975 – Glacial and peri-glacial geomorphology. Arnold Publishers, London.

FLINT, R.F., 1945 – Glacial map of North America, 1:4 555 000 scale. Geological Society of America; special paper 60.

———— 1957 – Glacial and Pleistocene geology. Wiley & Sons, New York, 553 pages.

———— 1971 – Glacial and Quaternary geology. Wiley & Sons, New York, 892 pages.

GADD, N.R., 1964 – Surficial geology, Beauceville map-area, Quebec. Geological Survey of Canada; paper 64-12, 3 pages, map 4-1964 (1:63 360).

———— 1966 – Surficial geology in the Saint-Sylvestre area. Geological Survey of Canada; Report of Activities: May to October, 1965; paper 66-1, pages 163-166.

———— 1976 – Quaternary Stratigraphy in southern Quebec. *In* the Quaternary stratigraphy of North America (Mahaney, W.C., editor). Dowden, Hutchinson and Ross, Stroudsbury; pages 37-50.

———— 1978 – Surficial geology of Saint-Sylvestre map-area, Quebec. Geological Survey of Canada; paper 77-16, 9 pages, map 1470A (1:50 000).

GADD, N.R. – McDONALD, B.C. – SHILTS, W.W., 1972a – Deglaciation of southern Quebec. Geological Survey of Canada; paper 71-47, 19 pages, map 10-1971 (1:253 440).

GADD, N.R. – LaSALLE, P. – DIONNE, J.-C. – SHILTS, W.W. – McDONALD, B.C., 1972b – Quaternary geology and geomorphology, southern Quebec. 24th International geological congress, Montreal; excursions A44-C44, guidebook, 70 pages.

GAUTHIER, C.R., 1975a – The reversal of glacial movement during the deglaciation of the Chaudière River region, Quebec. Geological Society of America; 28th annual congress, abstracts with programs, volume 7, n° 6, pages 760-761.

———— 1975b – Déglaciation d'un secteur des rivières Chaudière et Etchemin. McGill University; mémoire de M.Sc., non publié, 180 pages.

———— 1976 – Inversion de l'écoulement glaciaire au fini-glaciaire, région de la rivière Chaudière. Association québécoise du Quaternaire (AQQUA); 3ième colloque, 14-17 octobre 1976, Trois-Rivières; résumés, page 35.

GAUTHIER, M., 1985 – Synthèse métallogénique de l'Estrie et de la Beauce. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MB 85-20, 191 pages, 13 cartes à échelles variables.

GENES, A.N. – NEWMAN, W.A. – DREWER, T.B., 1981 – Late Wisconsin glaciation models of northern Maine and adjacent Canada. Quaternary Research; volume 16, pages 48-65.

GEOLOGICAL ASSOCIATION OF CANADA, 1957 – Glacial map of Canada.

GLOBENSKY, Y., 1969 – Géologie de la région de Drummondville (partie est), comtés d'Arthabaska, de Drummond et de Richmond. Ministère des Richesses naturelles, Québec; RP-569, 13 pages, carte 1652 (1:63 360).

———— 1978 – Région de Drummondville. Ministère des Richesses naturelles, Québec; RG-192, 197 pages, carte 1911 (1:63 360).

GOLDTHWAIT, J.W., 1911 – Raised beaches of southern Quebec. Geological Survey of Canada; summary report for the year 1910, pages 220-233.

———— 1913 – Excursion in eastern Quebec and the Maritime provinces. Bic, the post-glacial marine submergence. International Geological Congress; guidebook n° 1, pages 77-79.

GORMAN, W.A., 1954 – Région de Sainte-Justine, comtés de Bellechasse et de Dorchester. Ministère des Mines, Québec; RP-297, 6 pages, carte 1975 (1:63 360).

———— 1955 – Région de Saint-Georges – Saint-Zacharie, comtés de Beauce et de Dorchester. Ministère des Mines, Québec; RP-314, 6 pages, carte 1075 (1:63 360).

———— 1956 – The geology of the Sainte-Justine map-area. McGill University; unpublished Ph.D. thesis.

HUBERT, C., 1963 – Région de Rivière Ouelle – Ixworth, comtés de Kamouraska et de l'Islet. Ministère des Richesses naturelles, Québec; RP-494, 10 pages, carte 1468 (1:63360).

KITE, J.S. – LOWELL, T.W., 1982 – Quaternary geology of the upper St. John River Basin. *In* Quaternary Studies in the upper St. John Basin: Maine and New Brunswick (Kite, J.S. editor). New Brunswick Quaternary Association; guidebook for the 1982 NBQUA field trip, August 18-20, 1982.

LAMARCHE, R.Y., 1971 – Northward moving ice in the Thetford-Mines area of southern Quebec. American Journal of Sciences; volume 271, n° 4, pages 383-388.

———— 1974 – Southeastward, northward and westward ice movement in the Asbestos area of southern Quebec. Geological Society of America; Bulletin, volume 85, p. 465-470.

LAROCQUE, A. – GWYN, Q.J.H. – POULIN A., 1983 – Développement des lacs pro-glaciaires et déglaciation des hauts bassins des rivières au Saumon et Chaudière, sud du Québec. Géographie physique et Quaternaire; volume 37, n° 1, pages 93-106.

LAROCQUE, G. – GWYN, Q.J.H. – POULIN, A., 1983 – Évolution des lacs glaciaires et déglaciation du haut Saint-François, sud du Québec. Géographie physique et Quaternaire; volume 37, n° 1, pages 85-92.

LaSALLE, P., 1966 – Late Quaternary vegetation and glacial history in the St. Lawrence Lowlands, Canada. Leidse Geologische Medelingen; volume 38, pages 91-128.

———— 1974 – Région de Saint-Sylvestre et de Saint-Joseph, Cantons de l'Est (1:50 000) *In* Travaux sur le terrain 1974. Ministère des Richesses naturelles, Québec; S-159, pages 106-108.

———— 1983 – Géologie des sédiments meubles de la région de New-Richmond – New-Carlisle, Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DP 83-29, carte annotée (1:100 000) et carte originelle (1:50 000) en deux feuillets.

———— 1984 – Quaternary stratigraphy of Quebec: a review. *In* Quaternary stratigraphy of Canada – a canadian contribution to IGCP Project 24 (Fulton, R.J., editor). Geological Survey of Canada; paper 84-10, pages 155-171.

———— 1985 – Stratigraphie du Quaternaire du Québec. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec; MB 85-11, 70 pages.

LaSALLE, P. – ELSON, J.A., 1962 – Géologie des dépôts meubles, région de Beloeil, comtés de l'Assomption, Bourget, Verchères, Saint-Hyacinthe, Chambly et Rouville. Ministère des Richesses naturelles, Québec; RP-497, 10 pages, carte 1474 (1:63 360).

LaSALLE P. – DAVID, P.P. – BOUCHARD, M.A. 1982 – Guidebook. Friends of the Pleistocene; 46th annual meeting, Drummondville – Saint-Hyacinthe, Québec, May 28-30, 1982.

LaSALLE, P. – MARTINEAU, G. – CHAUVIN, L., 1976 – Géologie des sédiments meubles d'une partie de la Beauce et du Bas Saint-Laurent. Ministère des Richesses naturelles, Québec; DPV-438, 13 pages, carte (1:100 000) en deux feuillets.

———— 1977a – Dépôts morainiques et stries glaciaires dans la région de Beauce – Monts Notre-Dame – Parc des Laurentides. Ministère des Richesses naturelles, Québec, DPV-515, 22 pages, carte (1:250 000).

———— 1977b – Morphologie, stratigraphie et déglaciation dans la région de Beauce – Monts Notre-Dame Parc des Laurentides. Ministère des Richesses naturelles, Québec; DPV-516, 74 pages.

LAVERDIÈRE, J.W., 1936 – Géologie des environs de Dudswell, canton de Dudswell. Service des Mines de Québec; rapport annuel pour l'année 1935, partie D, pages 33-44.

LAVERDIÈRE, C. – BERNARD, C. – DIONNE, J.-C., 1968a – Les types de broutures glaciaires (*glacial chatter marks*); partie I: classification et nomenclature franco-anglaise. Revue de Géographie de Montréal; volume 22, pages 21-33.

———— 1968b – Les types de broutures glaciaires (*glacial chatter marks*); partie 2: observations effectuées au Québec. Revue de Géographie de Montréal; volume 22, n° 2, pages 159-173.

LAVERDIÈRE, C. – BERNARD, C., 1969 – Le vocabulaire de la géomorphologie glaciaire, V. Revue de géographie de Montréal; volume 23, n° 3, pages 351-358.

LAVERDIÈRE, C. – DIONNE, J.-C., 1969 – Les roches dissymétriques de l'est du Lac Saint-Jean. Revue de Géographie de Montréal; volume 28, n° 3, pages 358-365.

LAVERDIÈRE, C. – GUIMONT, P., 1975a – Le vocabulaire de la géomorphologie glaciaire, VII. Revue de Géographie de Montréal; volume 29, n° 2, pages 173-180.

———— 1975b – Le vocabulaire de la géomorphologie glaciaire, VIII. Revue de Géographie de Montréal; volume 29, n° 4, pages 375-38[illegible]

———— 1980 – Le vocabulaire de la géomorphologie glaciaire, IX. Terminologie illustrée des formes mineures d'érosion glaciaire. Géographie physique et Quaternaire; volume 34, n° 3, pages 363-377.

LEBUIS, J., 1973a – Géologie du Quaternaire de la région de Matane – Amqui. Ministère des Richesses naturelles, Québec; DP-216, 18 pages, carte (1:100 000).

———— 1973b – Géologie de la région de Cap-Chat. Ministère des Richesses naturelles, Québec; GM-28584, 11 pages.

———— 1975 – Géologie des dépôts meubles de la partie occidentale de la Gaspésie. Ministère des Richesses naturelles, Québec; DP-327, 18 cartes (1:50 000).

LEBUIS, J. – DAVID, P.P., 1972 – Géologie du Quaternaire de la région de Courcelette – Tourelle. Ministère des Richesses naturelles, Québec; GM-27623, 25 pages.

———— 1977 – La stratigrahie et les événements du Quaternaire de la partie occidentale de la Gaspésie, Québec. Géographie physique et Quaternaire; volume 31, pages 275-296.

LEE, H. A., 1962 – Surficial geology of Rivière-du-Loup – Trois-Pistoles area, Québec. Geological Survey of Canada; paper 61-32, 2 pages, map 43-1961 (1:63 360).

———— 1963 – Field trip guide for the Friends of the Pleistocene, 26th Annual Reunion, Rivière-du-Loup, Québec. Geological Survey of Canada; unpublished report, 27 pages.

LESPÉRANCE, P.J., 1959 – Région de Squateck (moitié ouest), districts électoraux de Témiscouata, de Rivière-du-Loup et de Rimouski. Ministère des Richesses naturelles, Québec; RP-385, 9 pages, carte 1273 (1:63 360).

LESPÉRANCE, P.J. – GREINER, H.R., 1969 – Région de Squateck – Cabano, comtés de Rimouski, Rivière-du-Loup et Témiscouata. Ministère des Richesses naturelles, Québec; RP-128, 122 pages, cartes 1578 et 1579 (1:63 360).

LEWIS, H.C., 1885 – The direction of glaciation as ascertained by the form of the striae. Nature; volume 32, pages 557-558.

LOCAT, J., 1976 – Quaternary geology of the Baie-des-Sables – Trois-Pistoles area, Québec, with some emphasis on the Goldthwait Sea clays. Waterloo University (Ontario), Department of Earth Sciences; unplished M.Sc. thesis.

———— 1978 – Le Quaternaire de la région de Trois-Pistoles – Rimouski. Ministère des Richesses naturelles, Québec; DPV-605, 64 pages, carte (1:50 000).

LOGAN, W.E., 1849-50 - On the geology of the Eastern Townships of Quebec. Geological Survey of Canada; report of progress, pages 5-72.

———— 1863 - Geology of Canada. Geological Survey of Canada; report of progress, 1849-1863, 983 pages, Dawson Brothers, Montreal.

LORTIE, G., 1975 - Direction d'écoulement des glaciers du Pléistocène des Cantons de l'Est, Québec. Commission géologique du Canada; report of activities, part A, paper 75-1A, pages 415-416.

———— 1976 - Les écoulements glaciaires wisconsiniens dans les Cantons de l'Est et la Beauce, Québec. McGill University; mémoire de M.Sc., non publié, 219 pages, carte des stries glaciaires (1:253 440) et carte des rosettes statistiques des stries (1:506 888).

LOWELL, T.V., 1985 - Late Wisconsin ice flow reversal and deglaciation, northwestern Maine. Geological Society of America; special paper 197, pages 85-110.

MacKAY, B.R., 1921 - Beauceville map-area, Quebec. Geological Survey of Canada; memoir 127, 105 pages.

MARLEAU, R.A., 1957 - Région de Woburn, district électoral de Frontenac. Ministère des Mines, Québec; RP-336, 7 pages, carte 1163 (1:63 360).

———— 1958 - Régions de Mégantic-Est et d'Armstrong, districts électoraux de Frontenac et de Beauce. Ministère des Mines, Québec; RP-362, 10 pages, cartes 1216 et 1217 (1:63 360).

———— 1968 - Région de Woburn - Mégantic-Est-Armstrong, comtés de Frontenac et de Beauce. Ministère des Richesses naturelles, Québec; RP-131, 60 pages, cartes 1612 et 1613 (1:63 360).

MARTINEAU, G, 1977 - Géologie des dépôts meubles de la région de Kamouraska - Rivière-du-Loup. Ministère des Richesses naturelles, Québec; DPV-545, 17 pages, carte (1:100 000).

———— 1979 - Géologie des dépôts meubles de la région du lac Témiscouata. Ministère des Richesses naturelles, Québec; DPV-618, 18 pages, carte (1:100 000).

———— 1980 - Dépôts meubles de la région de Rimouski Trois-Pistoles. Ministère des Richesses naturelles, Québec; DPV-717, 10 pages, carte (1:100 000) en deux feuillets.

MARTINEAU, G. - CORBEIL, P., 1983 - Réinterprétation d'un segment de la moraine de Saint-Antonin, Québec. Géographie physique et Quaternaire; volume 37, n° 2, pages 217-221.

MAURICE, Y.T. - MERCIER, T., 1985 - Méthode d'échantillonnage et résultats d'un levé géochimique de minéraux lourds en Estrie, Québec (21 E/3, 4, 6 et 12). Commission géologique du Canada; dossier public n° 1145.

McDONALD, B.C., 1966 - Surficial geology, Richmond - Dudswell, Québec. Geological Survey of Canada; map 4-1966 (1:63 360).

———— 1967a - Pleistocene events and chronology in the Appalachian region of southeastern Quebec, Canada. Yale University; unpublished Ph.D. thesis, 161 pages.

———— 1967b - Surficial geology, Sherbrooke - Orford Memphrémagog area, Quebec. Geological Survey of Canada; map 5-1966 (1:63 360).

———— 1969 - Surficial geology of La Patrie - Sherbrooke area, including Eaton River watershed. Geological Survey of Canada; paper 67-52, 21 pages, carte 18-1967 (1:63 360).

———— 1971 - Late Quaternary stratigraphy and deglaciation on eastern Canada. *In* The late Cenozoic glacial age (Turekian, K.K., editor). Yale University Press, chap. 12, pages 331-353.

McDONALD, B.C. - SHILTS, W.W., 1971 - Quaternary stratigraphy and events in southeastern Quebec. Geological Society of America; Bulletin, volume 82, pages 683-693.

McGERRIGLE, H.W., 1935 - Région du mont Mégantic, sud-est du Québec, et ses placers aurifères. Service des Mines de Québec; rapport annuel pour l'année 1934, partie D, pages 63-104.

MER, 1984a - Géologie du Quaternaire: région des Appalaches. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DV 84-10, carte (1:50 000) en 89 feuillets.

———— 1984b - Aires d'intérêt géochimique et géologie du Quaternaire: Estrie, Beauce et Gaspésie. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DV 84-11, carte (1:50 000) en 41 feuillets.

OCCHIETTI, S., 1982 - Synthèse lithostratigraphique et paléoenvironnements du Quaternaire au Québec méridional. Hypothèse d'un centre d'englacement wisconsinien au Nouveau-Québec. Géographie physique et Quaternaire; volume 36, pages 15-49.

OLLERENSHAW, N.C., 1961 - Région de Cuoq - Langis, comtés de Matapédia et de Matane. Ministère des Richesses naturelles, Québec; RP-465, 9 pages, carte 1405 (1:63 360).

PARENT, M., 1982 - Dispersion glaciaire d'éléments en trace provenant du complexe ophiolitique d'Asbestos, Québec. Annales de l'ACFAS, 50e Congrès; résumés, volume 49, page 130.

———— 1984 - Le Quaternaire de la région d'Asbestos-Valcourt: aspects stratigraphiques. *In* Le Quaternaire du Québec méridional: aspects stratigraphiques et géomorphologiques. (Parent, M., Dubois, J.-M. et Gwyn, Q.H.J., éditeurs). Association québécoise du Quaternaire; 5e congrès, 4-7 octobre 1984, livret-guide d'excursion, section 1, pages 2-25.

PARENT, M. - DREIMANIS, A., 1981 - Structures glacio-tectoniques dans quelques séquences wiconsiniennes du sud-est du Québec: implications stratigraphiques et paléogéographiques. Annales de l'ACFAS, 49e Congrès; résumés, volume 48, page 106.

PREST, V. L., *ET AL.*, 1968 – Glacial map of Canada (scale 1:5 000 000). Geological Survey of Canada; map 1253 A.

PRICHONNET, G., 1982 – Résultats préliminaires sur la géologie quaternaire de la région de Cowansville, Québec. Commission géologique du Canada; étude 82-1B, pages 297-300.

———— 1984 – Évaluation des systèmes morainiques du sud du Québec (Wisconsinien supérieur). Commission Géologique du Canada; étude 83-29, 20 pages.

PRICHONNET, G. – DOIRON, A. – CLOUTIER, M., 1982 – Le mode de retrait glaciaire tardiwisconsinien de la bordure appalachienne, au sud du Québec. Géographie physique et Quaternaire; volume 36, n° 1-2, pages 125-137.

RIORDON, P.H., 1952 – Geology of the Thetford – Black-Lake district of Quebec, with particuliar reference to the asbestos deposits. McGill University; unpublished Ph.D. thesis.

SABOURIN, M., 1957 – Carte de compilation des stries du Québec. Université Laval, Département de Géologie; contribution n° 128, carte à 1:168 960.

ST-JULIEN, P., 1961 – Région du lac Montjoie, comtés de Sherbrooke, Richmond et Stanstead. Ministère des Richesses naturelles, Québec; RP-464, 10 pages, carte 1402 (1:12 000).

———— 1963 – Région de St-Elie-d'Orford, comtés de Sherbrooke, Richmond et Stanstead. Ministère des Richesses naturelles, Québec; RP-492, 10 pages, carte 1466 (1:12 000).

———— 1970 – Géologie de la région de Disraeli (moitié est), comtés de Frontenac, Wolfe et Mégantic. Ministère des Richesses naturelles, Québec; RP-587, 23 pages, carte 1705 (1:31 680).

ST-JULIEN, P. – HUBERT, C., 1975 – Evolution of the Taconian orogen in the Quebec Appalachians. American Journal of Sciences; volume 275-A, pages 337-362.

ST-JULIEN, P. – LAMARCHE, R.Y., 1965 – Géologie de la région de Sherbrooke, comté de Sherbrooke. Ministère des Richesses naturelles, Québec; RP-530, 13 pages, cartes 1365 et 1366 (1:12 000).

SANFORD, V.V. – GRANT, G.M., 1979 – Physiography of eastern Canada and adjacent areas. Geological Survey of Canada; carte 1399-A (1:2 000 000).

SHILTS, W.W., 1970 – Pleistocene geology of Lac-Mégantic region, southeastern Quebec, Canada. Syracuse University; unpublished Ph.D. thesis, 154 pages.

———— 1973a – Till indicator train formed by glacial transport of nickel and other ultrabasic components: a model for drift prospecting. Geological Survey of Canada; paper 73-1, part A, pages 213-218.

———— 1973b – Glacial dispersal of rocks, minerals and trace elements in Wisconsinian till, southeastern Québec, Canada. Geological Society of America; memoir 136, pages 189-219.

———— 1976a – Glacial events in southern Quebec – northern New England, a reappraisal. Geological Society of America; 11th annual meeting, abstracts with programs, volume 8, n° 2, pages 219-220.

———— 1976b – Glacial till and mineral exploration. *In* Glacial Till. An inter-disciplinary study (Legget, R.F., editor). The Royal Society of Canada; special publication, n° 12, pages 205-224.

———— 1981 – Surficial geology of the Lac-Megantic area, Québec. Geological Survey of Canada; memoir 397, 102 pages, map 1494A (1:100 000).

THOMAS, R.H., 1977 – Calving bay dynamics and ice sheet retreat up the St. Lawrence Valley system. Géographie physique et Quaternaire; volume 31, n° 3-4, pages 203-206.

THORNES, J.B., 1964 – The late glacial geomorphic evolution of the Coaticook and Moe River valleys, southern Quebec. McGill University; unpublished M.A. thesis.

———— 1965 – Some observations on the late glacial stages in the Coaticook valley, southern Quebec. Cahiers de géographie de Québec; 9e année, n° 18, pages 223-238.

TREMBLAY, G., 1975 – Géologie du Quaternaire dans les régions de Drummondville (SW), Dudswell (E), Scotstown, Coaticook. Ministère des Richesses naturelles, Québec; DPV-434, 28 pages, 1 carte (1:100 000).

VALADE, M. – BOUCHARD, M.A. – CHAUVIN, L., 1982 – Pétrologie du till de surface et déglaciation de la région de Thetford-Mines. Annales de l'ACFAS; 50e Congrès, résumés, volume 49, page 128.

WARREN, B. – BOUCHARD, M.A., 1976 – Carte des dépôts meubles de Drummondville. Ministère des Richesses naturelles, Québec; DPV-437, carte annotée (1:50 000).

Annexe

Tableau synoptique des principales informations relatives aux stries du Québec méridional

AUTEURS*	SECTEURS	OBSERVATIONS
	Estrie et Beauce	
Logan (1863, pages 891-893)	Estrie	Indique aux sites 123-126 des stries de directions 119 à 137°, attribuées à un glacier laurentidien.
Ells (1887, pages J44-48)	Estrie et Beauce	Donne 66 sites de directions variables. Interprète des écoulements de glaciers locaux vers le nord, le nord-ouest, le nord-est, le sud-est et le sud. Présume un sens vers le nord-ouest sur la base d'indicateurs locaux (granite) à Lac-Mégantic.
Ells (1889, pages K98-99)	Haute Chaudière	Donne 17 sites de directions: 275-020° ; 240-215° ; sud et 145°. Attribués à des glaciers locaux.
Chalmers (1895a, pages A84-85)	Estrie	Stries 325-297° à Scotstown, 048-058° à Cookshire, 132-126° à Sherbrooke ; les deux dernières séries sont attribuées à un même glacier provenant des monts Sutton.
Chalmers (1898, pages J26-39)	Estrie et Beauce	448 surfaces striées pour le sud du Québec dont les sites 11 à 96, 139 à 328, 337 à 346, 382 à 433 en Estrie et Beauce. Distingue les stries produites par le glacier appalachien (stries N surtout), le *earlier Laurentide glacier* et le *older Laurentide glacier* (stries SW). Voir texte.
Dresser (1913, 1914)	Estrie et Beauce	Stries de direction unique et uniforme (140°).
McKay (1921)	Beauceville	655 mesures de stries de directions dominantes 007° et 135°, la première étant la plus importante. N'indique ni sens ni chronologie relative, mais présume un écoulement vers le nord par des glaciers locaux, sur la base d'indicateurs locaux (basalte, etc.) déplacés à 2 km au nord des sources connues.
Burton (1933)	Lac Aylmer	Séquence de mouvements glaciaires vers le sud, le 060° et le 120° ; ce dernier, le plus puissant, est accompagné par des roches moutonnées. Écoulement vers le nord-est sur la base d'indicateurs locaux (*flagstone*) déplacés à 24 km au nord-est de leurs sources connues.
McGerrigle (1935)	Lac-Mégantic	60 sites avec stries et broutures de direction générale 143° confirmée par une nette traînée d'indicateurs granitiques au sud-est du mont Mégantic.
Laverdière (1936)	Marbleton	Stries 130-170° et 050-060°, sans sens.
Clark (1937)	Bedford	Broutures de sens sud et micro-nervures 010-020° apparemment plus récentes. Attribue les stries N à des glaciers des monts Sutton ou à une inversion de l'écoulement normal laurentidien liée à « (. . .) *a northward tilt of the land surface* (. . .) » (page 220).
Riordon (1952)	Thetford-Mines	Signale des stries NW-SE, E-W et N-S.
Flint (1945)	Estrie, Bas-Saint-Laurent	Carte générale de l'Amérique du Nord indiquant des stries de sens N et SE au Québec méridional.

* Les noms des auteurs dont les relevés ont été compilés en totalité ou en partie sont en **caractères gras** ; ceux dont les chronologies relatives et les stries avec sens ont été intégrées dans la compilation sont soulignés. Les mesures des auteurs ont été uniformisées en degrés et complétées par des données sur les indicateurs lithologiques.

AUTEURS*	SECTEURS	OBSERVATIONS
Béland (1953, 1954, 1957)	St-Magloire, Rosaire, St-Pamphile	Stries de directions 170° (surtout à St-Magloire), 135° (surtout à Rosaire) et 080°. Signale des roches moutonnées et des broutures de sens sud, ainsi que quelques indicateurs déplacés de quelques kilomètres vers le nord. Suggère « *une nappe de glace descendant vers l'est à partir des Monts Notre-Dame* » (1954, page 7; 1957a, page 35).
Gorman (1954, 1955, 1956)	Ste-Justine, St-Georges, St-Zacharie	Stries de sens S et d'orientation NW-SE. Présume un mouvement vers le nord-ouest sur la base d'indicateurs locaux (basalte à coussin) déplacés à moins de 1 km de leur source. Suggère une calotte locale coalescant avec le glacier laurentidien.
Marleau (1957, 1958, 1968)	Armstrong - Woburn	Stries, broutures et roches moutonnées de sens 130°. Deux directions avec une différence de 25° sur quelques affleurements.
Sabourin (1957)	Estrie, Beauce, Bas-St-Laurent	Carte de compilation des stries pour le Québec (échelle: 32 milles au pouce). Stries de sens SE et E dans le sud de l'Estrie et de la Beauce, de sens N et NE dans le nord de l'Estrie – Beauce et dans le Bas-Saint-Laurent.
Anonyme (1957)	Estrie et Bas-St-Laurent	Carte de compilation générale du Canada indiquant des stries de sens N et SE au Québec méridional.
Benoit (1958)	St-Sylvestre – St-Joseph	Constate une « (. . .) *considerable diversity of directions* » (page 8).
De Römer (1957, 1960)	Orford	Stries de direction 160-140°. Sens vers le sud-est sur la base d'indicateurs.
Duquette (1960a, 1960b, 1961)	Weedon, Gould, Lac Aylmer	Stries de direction 110-120°. Présume, à Gould (1960b), un sens vers le nord-ouest sur la base d'indicateurs (granite du stock de Scotstown) déplacés vers le nord.
St-Julien (1961)	Lac-Montjoie	Signale un écoulement général vers le sud-est.
Globensky (1969, 1978)	Drummondville	Signale quelques stries de direction 150° et 260°.
LaSalle (1966)	Mont St-Hilaire	Nervures de sens NE sur le versant nord du mont attribuées à des glaces stagnantes.
LaSalle et Elson (1962)	Beloeil	Signalent un écoulement général vers le sud-ouest mais les stries cartographiées sont de sens S, SE et SW.
St-Julien (1963)	St-Élie-d'Orford	Stries de direction 165°.
Elson *in* McDonald, 1967 et *in* Lortie, 1976)	Beloeil, mont St-Hilaire	Nervures N; leur position et leur orientation sur le flanc du mont ne paraissent pas indiquer un glacier de montagne.
Thornes (1964, 1965)	Coaticook	Stries de direction 150°. Présume un sens vers le nord-ouest sur la base d'indicateurs locaux (granite) transportés vers le nord.
Gadd (1964)	Beauceville	Stries cartographiées de sens S et SE. Quelques stries de sens N « (. . .) *represent an editorial oversight on the part of the author* » (Gadd *et al.*, 1972a, p. 3).
St-Julien et Lamarche (1965)	Sherbrooke	Indiquent quelques stries d'azimuth 135°.
Gadd (1966)	St-Sylvestre	Stries orientées 190° - 225°, la majorité étant de direction 210-220°. Stries de sens SE (135°) sur les hauts reliefs et stries de sens SW et W sur le flanc nord-est du mont Tara. Voir aussi Gadd (1978).
Dubé (1967)	Disraéli	Stries cartographiées de sens S et SE (fréquentes), SW (peu fréquentes) et W (rares).

AUTEURS*	SECTEURS	OBSERVATIONS
McDonald (1966, 1967a, 1967b, 1969)	Sherbrooke – Orford – Memphrémagog – La Paltrie	Stries E-W associées à une glaciation antérieure; stries et nervures vers le 130° associées au dernier écoulement régional et dominant; stries plus locales et plus récentes (tardi-glaciaires) de sens S à Memphrémagog et E à Bury.
Prest *et al.* (1968)	Estrie et Beauce	Carte glaciaire du Canada (1:5 000 000). Indiquent des stries SE et E.
St-Julien (1970)	Disraeli	Stries cartographiées de sens S et SE.
Shilts (1970)	Lac Mégantic	Stries E-W probablement antérieures à la dernière glaciation, à Armstrong; stries et nervures associées à l'écoulement majeur vers le sud-est, avec des maxima à 120°, 130° et 140°. Voir Shilts (1981).
Lamarche (1971)	Thetford-Mines	73 nervures de sens SE et N. Les stries N dominent statistiquement et recoupent les stries SE.
Gadd, McDonald et **Shilts** (1972a)	Estrie et Beauce	Compilation des stries de Gadd (1964, 1966), 1967b), Shilts (1970) et Lamarche (1971). Plusieurs centaines de stries, dont environ 10-15 % ont un sens (nervures). Chronologie basée sur des cannelures striées et des nervures recoupées, mais aucun site avec une chronologie relative n'est indiqué sur la carte. Systèmes de stries observés: W-SW, antérieur à la glaciation Lennoxville; 110 à 150°, dominant et régional (glaciation Lennoxville); stries locales tardi-glaciaires de lobes S et E); nervures N tardi-glaciaires à Thetford-Mines.
Globensky (1969)	Drummondville	Quelques stries de direction 150°.
Clark et **Globensky** (1973)	Lyster	Indiquent une strie N-S dans les Basses-Terres, près de Val-Alain.
Lamarche (1974)	Asbestos	150 nervures montrant une séquence SE, N, W et peut-être NW, basée sur des nervures et des stries se recoupant, ainsi que sur dominance statistique.
Dubé (1975 *in* et Lortie, 1976	Lyster, Arthabaska	Stries de directions N-S, NW-SE et NE-SW à Lyster, N-S, NW-SE E-W à Arthabaska.
Tremblay (1975)	Drummondville, Scotstown, Dudswell, Coaticook	Stries SE et S.
Gauthier (1975b)	Lac-Etchemin – St-Joseph	Séquence de stries SE et N à l'intérieur des terres et SE puis E dans le piedmont et les basses-terres. Basée sur des nervures et une rosette statistique.
Lortie (1975, 1976)	Nord de l'Estrie et de la Beauce	Quelque 900 sites fournissant 11 rosettes statistiques et 34 sites avec chronologie relative. Carte de compilation incluant les données de Gadd *et al.* (1972a), Béland (1953), Gorman (1954, 1955), Duquette (1960a, b, 1961), St-Julien (1961, 1963, 1970), Gadd (1964), Dubé (1967), Lamarche (1971, 1974) Gauthier (1975b). Systèmes de stries divisés en trois groupes: SW et W (I), d'âge pré-Lennoxville (Chaudière); SE, S et E (II), associés au glacier Lennoxville avec lobations; N et W (III), à la déglaciation.
Warren et **Bouchard** (1976)	Drummondville	Indiquent environ 35 sites avec stries de sens SE, W (dans le piedmont) et SW dans les basses-terres.
LaSalle, Chauvin et **Martineau** (1977a)	Beauce/Parc des Laurentides	Environ 350 sites, dont environ 30 % avec sens (nervures) et 3 déjà signalés *in* Lortie, 1976) avec chronologies relatives. Systèmes de stries SE puis N dans la Beauce; SE puis E et NE dans la haute-Chaudière; 11 rosettes statistiques.

AUTEURS*	SECTEURS	OBSERVATIONS
Gadd (1978)	St-Sylvestre	Nervures SE et N-NE. Stries N plus récentes dans le sud de la région, mais les stries SE représentent le dernier système au nord du complexe du Front des Hautes-Terres; 3 sites avec chronologies relatives. Voir Gadd (1966).
Parent et Dreimanis (1981); Parent (1982)	Asbestos	Attribuent les stries de sens N et W au glacier Chaudière. (Wisconsinien moyen).
Shilts (1981)	Lac-Mégantic	Stries de sens général SE mais présentant sur la plupart des sites deux ou trois orientations. Assimile la limite méridionale des stries N à une ligne de partage glaciaire, le *Quebec Ice* Divide (figure 48, page 43).
Doiron (1981)	Granby – Waterloo	60 sites dont 4 avec chronologie relative. Indique une « *famille dominante vers le sud-sud-est (160°), une famille moins importante montrant un écoulement vers l'est (095°) et une troisième famille orientée vers l'ouest-sud-ouest (250°)* » (page 21).
Cloutier (1982)	Knowlton – Sutton	60 sites, dont 4 avec chronologie relative. Indique une succession de trois familles; 075-265° ± 15°, associée à un ancien écoulement vers l'ouest-sud-ouest; 140-320°, qui représente l'écoulement principal vers le sud-est, parfois le SSE; 105-285°, qui montre un écoulement local de glace localement défléchi vers l'est à la déglaciation. Quelques stries 0-020° / 180-200° sont probablement antérieures à la deuxième famille.
Prichonnet (1982, 1984)	Cowansville; Estrie occidentale	À Cowansville (1982) 34 sites, dont 7 avec chronologie relative. La compilation des stries (1984) indique une succession de quatre familles: SW ancienne, d'origine appalachienne; SE et SSE, (pléniglaciaire) laurentidiennes; SSW à la déglaciation.
	Bas-Saint-Laurent et Gaspésie	
Logan (1863)	Lac Témiscouata, Trois-Pistoles	Indique aux sites 127 à 139 des stries de directions 100 à 153° attribuées à un glacier laurentidien.
Chalmers (1882)	Baie des Chaleurs	Stries de sens E (070° et 100°) et NNE (020-025°).
Chalmers (1887)	Trois-Pistoles – Rimouski	Stries et roches moutonnées 358° et 315° à Trois-Pistoles, 048° au Bic et 0° à Rimouski.
Bailey et McInnes (1888, page M10)	Lac Témiscouata	Stries de direction 135-120°, mais transport vers le nord d'indicateurs locaux (calcaire à *Favosites* ssp).
Chalmers (1895a, 1895b)	Pointe-Lévis, Bic, Ste-Flavie	Stries de sens 243-265° à Pointe-Lévis, Bic et Ste-Flavie, attribuées à des glaces flottantes.
		Stries de sens 320-005° au Bic et à Trois-Pistoles, les directions dominantes étant 002° et 330°. Attribuées à des glaciers appalachiens.
Chalmers (1898, pages J26-39)	Bas-St-Laurent	448 surfaces striées dont les sites 1 à 10, 379 à 381, 434 à 436 à Trois Pistoles, Bic, Rivière-du-Loup, Montmagny. Attribuées aux glaces appalachienne et laurentidienne. Signale les mêmes sites qu'en 1887 et 1895.
Goldthwait (1911, p. 232; 1913, p. 77)	Bic, Rivière-du-Loup	Roches dissymétriques de sens N.
Aubert de la Rüe (1941)	Lac Matapédia	Roches dissymétriques indiquant un écoulement glaciaire venant du nord, mais aussi du sud.
Béland (1960)	Rimouski-Matapédia	Signale une dispersion de blocs vers le nord.
Ollerenshaw (1961)	Cuoq-Langis	Stries en général de sens SE mais aussi une nervure NW.

AUTEURS*	SECTEURS	OBSERVATIONS
Lee (1962, 1963)	Rivière-du-Loup	Stries de sens NW attribuées à un lobe de glace laurentidienne.
Hubert (1963)	Rivière Ouelle – Ixworth	Stries orientées en général vers le sud, et quelques-unes E-W.
Lespérance (1959); **Lespérance** et **Greiner** (1969)	Squatek-Cabano	Stries cartographiées NW-SE et N-S.
Prest *et al.* (1968)	Bas-St-Laurent, Gaspésie	Carte glaciaire du Canada (échelle : 1 :5 000 000). Indique des stries de sens NW à Rimouski – Rivière-du-Loup, W au lac Témiscouata et SE partout.
Dionne (1972)	Rivière-du-Loup – Trois-Pistoles	Quelque 60 stries indiquant un écoulement glaciaire vers le nord (broutures, roches dissymétriques). À l'intérieur des terres, deux directions 325-340° et 010-020° ; sur le littoral, quelques stries de sens NW et surtout de sens NE, variant jusqu'à l'ENE (060-070°). Les stries NE indiquées sur les îles dans l'estuaire ont été omises de la compilation.
Locat (1976, 1978)	Rimouski – Trois-Pistoles	Nervures NW à l'intérieur des terres, nervures et roches dissymétriques NE sur le littoral.
Lebuis et David (1977)	Gaspésie occidentale	Environ 60 sites ; écoulements vers le sud-est, d'origine laurentidienne probable ; vers le nord et le nord-ouest, vers l'ouest et le nord-ouest (glaciers locaux) ; vers l'est et le sud-est dans la baie des Chaleurs.
Martineau (1977)	Kamouraska – Rivière-du-Loup	Indique trois mouvements glaciaires : le plus vieux vers le sud-est (120-130°), associé au glacier continental ; un mouvement 030-210° probablement vers le NE, dans la zone littorale ; le mieux conservé vers le nord (320 à 020°), les directions dominantes étant 330° et 015° ; mouvement vers l'est dans la même zone.
Martineau (1979)	Lac Témiscouata	Succession de mouvements vers le sud-est, puis vers le nord-ouest. Deux stries E-W de sens indéterminé.
Martineau (1980)	Rimouski – Trois-Pistoles	Indique quatre systèmes de stries : SE (135-165°), attribué au glacier continental ; N (350 à 010°), attribué au glacier appalachien ; NE-SW, probablement un NE antérieur au N ; E-W (060-090°/240 - 270°), peu fréquent, tardi-glaciaire.
Martineau et **Corbeil** (1983)	Rivière-du-Loup	Indiquent quelques sites de stries appalachiennes dans (1983) une séquence (1) 045°, (2) 350° et (3) 090°.
Allard (1981)	Anse aux Canards (île d'Orléans)	Nervures indiquant un dernier écoulement vers le nord-est dans l'estuaire.

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Energie et des Ressources
Direction générale de l'Exploration géologique et minérale

5055000m N

6 7 8 9 46°00' 0 73°00' 1 2 3 4 5 6 7 72°00' 8 9

4 3 2

5051000m N

0 9

45°00'
73°00

6 7 8 9 0

5 6 7 72°00' 8 9 0 47°00' 1 5220000m N. 3 71°00' 4 5 6 7 8 9

5 6 7 8 9 70°00' 1 48°00' 2 3 4 5 6 69°00' 7 8 9

69°00'

541 0000m N.

68°00'

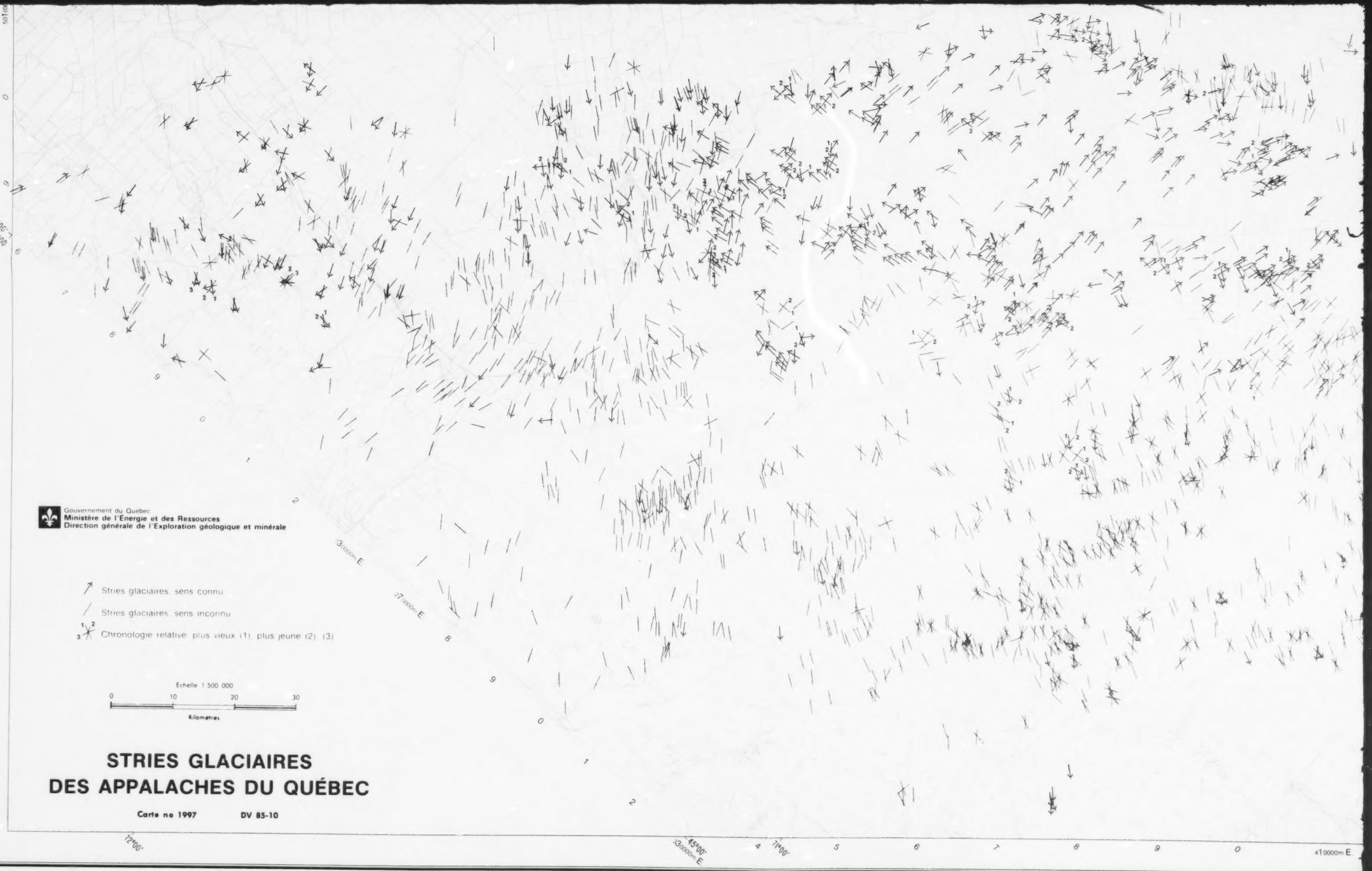
49°00'

67°00'

680000m E

66°00'

49°00'


5011000
0
0
45°00'
73°00'
6
8
9
0
2
3
2
1
3
2
1
2
1
2
1

La base est une compilation du
MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE, DES MINES ET DES RESSOURCES, OTTAWA
légèrement modifiée par le
MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES, QUÉBEC, 1985

410000m E.

70°00'

69°00'

8 9 69°00' 0 1 2 3 4 5 560000m E. 7 68°00' 0 47°00' 1 2 3 4 5 67°00'

65°00'
49°00'

67°00'

720000m E 68°00'

330000m E